



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# AUTOMATIZE NÁVRHU JEDNODUCHÝCH VSTŘIKOVACÍCH FOREM PRO NÁSTROJÁRNY

DESIGN AUTOMATION OF SIMPLE INJECT MOULDS FOR TOOL FACTORY

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAL ŽVÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. DAVID PALOUŠEK

BRNO 2008

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá automatizací návrhu jednoduchých vstřikovacích forem na plasty. Práce se soustředí na proces konstrukce s cílem jej zefektivnit a zautomatizovat pomocí 3D parametrické šablony formy. Ta slouží pro rychlý návrh základního mechanismu nástroje. Šablona formy je ovládána délkou strany tvarové desky v požadovaném rozsahu od 300 do 700mm. Pro zprávu normalizovaných součástí byl vytvořen webový portál, který obsahuje databázi jednotlivých součástí. Tyto součásti se dají pomocí hypertextových odkazů jednoduše vkládat do sestavy formy v softwaru Catia V5. Práce obsahuje popis celého systému automatizace a porovnání nového způsobu konstrukce s původním.

## KLÍČOVÁ SLOVA

vstřikovací formy, plast, parametrická šablona, databáze, webové rozhraní

## ABSTRACT

The dissertation is concerned with automatization proposal of simple injection moulds for plastics. The dissertation is concentrating on the process of CAD design with the aim of make it more effective and automate by the help of 3D parametric strickle board of moulds. It serves for rapid (quick) proposal of basic mechanism of the tools. Strickle board of the mould is managed by length of side moulding plate in required range from 300 to the 700mm. For managing of standardized parts was created web portal, which includes database of single parts. These parts can be simply insert to the groups of moulds by the help of hypertext links in software Catia V5. Dissertation includes description of whole system automatization and matching of the new way of CAD design with the original.

## KEY WORDS

inject molds, plastic, parametric strickle, a database, web page

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŽVÁČEK, M. *Automatizace návrhu jednoduchých vstřikovacích forem pro nástrojárny*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 76 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Paloušek



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval sám pod odborným vedením Ing. Davida Palouška, za pomoci uvedené literatury.

V Brně dne 9.5.2008

  
.....  
Michal Žváček



## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych tímto poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Davidu Palouškovi za odborné vedení. Dále bych rád poděkoval pracovníkům konstrukčního oddělení firmy Mürdter Dvořák, jmenovitě panu Ing. Karlu Přikrylovi, Ing. Vilémovi Sedláčkovi a Ing. Liborovi Kvapilovi za cenné rady. Především děkuji panu Ing. Stanislavu Kocourkovi za možnost vypracovat tuto zajímavou diplomovou práci a za cenné rady.



## Obsah

Obsah	11
Úvod	13
<b>1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
1.1 Plasty a plastové výlisky (výstřiky)	14
1.1.1 Základní rozdělení polymerů	14
1.1.2 Polypropylen a jeho vlastnosti	15
1.1.3 Vybrané zásady tvarového řešení výlisků	16
1.1.4 Vliv vtoků	19
1.2 Vstřikovací formy na plasty	21
1.2.1 Složení forem	21
1.2.2 Chlazení forem	22
1.2.3 Vyhazování výlisků z forem	23
1.2.4 Zaformování výlisku	24
1.3 Vstřikovací stroje	24
<b>2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA</b>	<b>27</b>
2.1 Stávající postupy konstrukce v programu Catia V5	27
2.2 Využití webového portálu	27
2.3 Rozměrový rozsah parametrické šablony	28
2.3.1 Parametry ovlivňující rozměry formy	28
2.3.2 Parametry potřebné pro ovládání šablony	28
2.4 Technologičnost šablony	28
2.5 Automatické generování rozměrů součástí	28
<b>3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE</b>	<b>29</b>
<b>4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU ŘEŠENÍ</b>	<b>30</b>
4.1 Struktura postupu práce	30
4.2 Postupy práce	30
<b>5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY</b>	<b>31</b>
5.1 Předběžné varianty	31
5.2 Popis jednotlivých variant	31
5.2.1 Varianta č. 1	31
5.2.2 Varianta č. 2	32
5.2.3 Varianta č. 3	33
5.3 Výběr a zdůvodnění nejvhodnější varianty	34
<b>6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>35</b>
6.1 Návrh konstrukce a řízení 3D parametrické šablony	35
6.1.1 Základní souřadný systém parametrické šablony	35
6.1.2 Struktura jednotlivých sestav, podsestav a dílů kompletní sestavy	36
6.1.3 Návrh systému řízení geometrie a polohy	41
6.1.4 Návrh algoritmu přepočtu jednotlivých komponent	44
6.1.5 Načítání dat z Excelu do Catia V5	46
6.1.6 Funkce podmínek pro přepočítávání mezi jednotlivými intervaly	47
6.1.7 Popis jednotlivých komponent	49
6.1.8 Automatické přepisování rozměrů ve vlastnostech součástí	58
6.1.9 Vytvoření systému chlazení	59
6.2 Návrh webového portálu jako knihovny normalizovaných dílů	60



6.2.1 Výběr nejvhodnějšího nástroje pro vytvoření webu	60
6.2.2 Vytvoření webu	60
6.2.3 Popis funkce webu	60
6.2.4 Struktura webu	62
6.2.5 Záloha databáze	64
6.3 Aplikace navrženého systému na konstrukci zadané formy	64
6.3.1 Určení polohy výlisku a zaformování	65
6.3.2 Základní výpočty pro návrh formy	66
6.3.3 Stanovení rozměrů formy – využití 3D parametrické šablony	67
6.3.4 Konstrukce základního konceptu formy	69
6.3.5 Další postupy konstrukce	69
<b>7 KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ</b>	<b>73</b>
<b>8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>74</b>
<b>9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</b>	<b>75</b>
<b>10 SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>76</b>
<b>11 SEZNAM TABULEK</b>	<b>78</b>
<b>12 SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>79</b>

## ÚVOD

Výrobky z plastu jsou dnes jedny z nejrozšířenějších produktů ve výrobě. S postupem času jsou vyvíjeny stále nové technologie a materiály, které jsou schopny svými vlastnostmi předčít i takové materiály, jakými jsou dosud hojně používaná ocel nebo dřevo. Jedním z nejsilnějších průmyslových odvětví je automobilový průmysl. V tomto odvětví jsou kladeny velké nároky a důraz na produktivitu a kvalitu práce, kvalitu použitých materiálů plastu, ekonomičnost a ekologii. Na poli automobilového průmyslu však panuje velmi tvrdý konkurenční boj, a proto úspěch znamená pro výrobce přijmout výzvy a důkladně ošetřit rizika. Z drtivé části se jedná o nástroje vstřikovacích forem na plast. Většina nástrojářen a podniků, které konstruují a vyrábí tyto nástroje pro Evropský automobilový průmysl, jsou povinny z důvodu standartu a kompatibility dat, použít pro konstrukční práce systém CatiaV5 firmy „Dassault Systém“. Program Catia je jedním z nejvíce se rozvíjejících softwaru na trhu. Je to silný nástroj, který využívá nejen automobilový a letecký průmysl, ale i ostatní průmyslová odvětví na celém světě. Tento systém umožňuje konstrukci s rozsáhlými sestavami a práci s historií vzniku jednotlivých komponent. Systém je navrhnutý tak, aby dokázal pokrýt všechny informace o celém životním cyklu výrobku za pomoci nástroje Enovia. Je to základní, plně funkční verze PDM řešení na platformě MS Windows s programem Catia V5.

Cílem této diplomové práce je zrychlení a zjednodušení konstrukčních prací na vstřikovacích formách a sjednocení tzv. konstrukčního rukopisu každého konstruktéra. Jde o zefektivnění konstrukčních prací pomocí plně parametrické 3D šablony formy. Prostřednictvím této šablony je možné rychle a efektivně navrhnout základní mechanismus vstřikovací formy. Bez použití tohoto systému je konstruktér odkázán konstruovat formu od úplného začátku, anebo použít základ z nějaké starší konstrukčně podobné formy, kterou musí stejně přepracovat podle svých představ. Tím se samozřejmě doba práce prodlužuje a také zde hrozí větší riziko chyby, jako je například nechtěné vytvoření kolizí, vytvoření rozměrů, které nekorespondují s normalizovanými rozměry, anebo může dojít k chybnému zápisu do kusovníku. V průběhu konstrukce je potřeba knihovna normalizovaných dílů. Práce obsahuje databázový systém, který pracuje na principu webového rozhraní. Je to knihovna normalizovaných, ale i volně konstrukčních 3D prvků, které se dají velmi snadno vkládat do sestavy formy.

Tato diplomová práce vznikla pro účely firmy Mürdter Dvořák, která se zabývá výrobou a konstrukcí vstřikovacích forem na plasty.

Firma Mürdter Dvořák vyrábí nástroje zejména pro zákazníky z odvětví automobilového průmyslu. Hlavní náplní této firmy je výroba nových forem a technická podpora dceřině lisovny. Pro zvýšení efektivity výrobního procesu je zaveden systém bezvýkresové dokumentace.

# 1 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

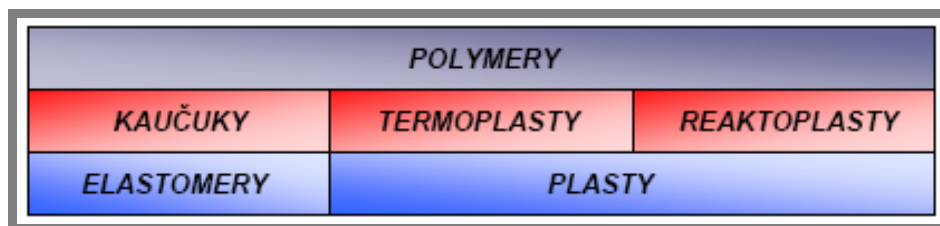
## 1.1

### 1.1 Plasty a plastové výlisky (výstříky)

Plasty jsou řadou syntetických nebo polysyntetických polymeračních produktů. Řadí se do skupiny polymerů, jejichž složení se skládá z organických nebo přísadových polymerů. Velmi často se vytváří příměsi těchto plastů pro zlepšení jejich vlastností a ceny. Jejich využití je velmi rozmanité. Mohou být tvarovány pomocí vstřikovacích forem do nejrůznějších tvarů, od jednoduchých až k velmi složitým a členitým, do tenkých filmů nebo vláken. [1]

### 1.1.1

#### 1.1.1 Základní rozdělení polymerů



Obr. 1-1 Základní rozdělení polymerů [1]

#### *Termoplasty*

Jsou to makromolekulární látky s lineárními nebo rozvětvenými řetězci. Tyto materiály jsou teplem roztavitelné. V roztaveném stavu se pod tlakem vstřikují do dutiny formy, v nichž ochlazením ztuhnou na požadovaný tvar. Dále se dělí na homogenní termoplasty tzn. bez přísadových prvků a plniv nebo s přísadami pro zlepšení jejich mechanických a fyzikálních vlastností. Přísady zvyšují odolnost proti povětrnostním podmínkám, vlivům záření, hoření a zvýšeným teplotám. Mohli bychom je také zařadit do plastů s použitím plniv, čímž selepší jejich mechanické vlastnosti. Při vstřikování plastů do formy jsou stěny dutiny zahřáté na určitou teplotu, při níž by vstřikovaný materiál mohl tepelně degradovat. Proto se hlavně věnuje pozornost teplotní odolnosti a tekutosti materiálu. Tekutostí je myšlena schopnost materiálu vyplnit dokonale složité a tenkostěnné tvarové dutiny ve formě. Tekutost je pro konstruktéra plastového výlisku velmi důležitou veličinou. Dává konstruktérovi výrobku představu o členitosti, rozměrnosti a tenkostěnnosti, které může v určitém případě použít. Materiály s vyšší tekutostí mají obecně nižší molekulovou hmotnost a tím i nižší mechanickou únosnost. Proto u mechanicky více namáhaných výrobků se volí typy materiálu s větší molekulovou hmotností. Konstruktor se však musí spokojit s méně členitým výrobkem. [1]

#### *Reaktoplasty*

Jsou to makromolekulární látky, u kterých při zpracování dochází k zesíťování makromolekul, tzn. k vytvrzení. Takto vytvrzený reaktoplast je již netavitelný. Reaktoplasty, které jsou vstřikovány do dutiny formy, obsahují příslušnou syntetickou pryskyřici a plnivo. Na rozdíl od termoplastů, mají reaktoplasty vysokou tuhost a tvrdost, teplotní odolnost, tvarovou stálost i za tepla a nerozpustnost vlivem nežádoucích látek. Při změnách pracovních teplot výrobku, modul pružnosti u reaktoplastů není tolik závislý na teplotě jako u termoplastů, takže se mechanické vlastnosti při gradientu teplot příliš nemění. Nevýhodou je nepatrná tažnost.

Zpracovatelnost reaktoplastů je určena hlavně tekutostí, která je ve srovnání s termoplasty všeobecně horší a závisí na druhu pryskyřice a charakteru plniva. Vstřikovací reaktoplasty jsou většinou ve formě granulátu. Výrobní cykly jsou delší než u termoplastů. [1]

### ***Elastomery***

Elastomery jsou, jak už název napovídá, vysoce elastické polymery, které za běžných podmínek můžeme malou silou velmi deformovat bez porušení, přičemž deformace je převážně vratná. Nejvíce rozmanitou podmnoužinou u elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryž. [1]

### **1.1.2 Polypropylen a jeho vlastnosti**

1.1.2

---

Firma Mürdter Dvořák vyrábí formy, do kterých se v drtivé většině vstřikuje polypropylen. Diplomová práce se proto v této části zabývá detailnějším popisem tohoto materiálu.

#### ***Základní fyzikální a chemické vlastnosti***

Polypropylen je středně pevný, tuhý a houževnatý materiál. Všechny typy přírodního, neupravovaného polypropyleny mají velmi nízkou hustotu, která je nejnižší ze všech dostupných termoplastů. [8]

**Teplotní odolnost** – polypropylen má poměrně vysokou teplotní odolnost. S příměsí pryskyřic se teplota, při které materiál začíná měknout, pohybuje okolo 110°C. Na teplotní odolnost zvláště ve vyšších teplotách má záporný vliv převážně vlhkost.

**Chemická odolnost** – jako nejčtenější z polyolefinů je polypropylen vysoce odolný proti rozpouštědlům a chemikáliím. Podléhá rozpouštědlům jako je benzen, toluen, chlorid uhličitý atd. Při použití v těchto náročných prostředích by měl být náležitě otestován.

**Odolnost proti vzniku trhlin** – polypropylen má vynikající odolnost proti vzniku trhlin, zapříčiněných okolním prostředím. Křehnutí nastává v přítomnosti olejů, detergentů a při snížené teplotě. Obecně jen v prostředí silného okysličovadla je polypropylen náchylný na vznik trhlin.

**Zpracovatelnost** – je velmi dobrá, index toku je uváděn pro podmínky 230°C a 21,2N. Polypropylen se zpracovává vstřikováním a vyfukováním na menší a duté předměty, vytlačováním na trubky, desky, profily.

**Barvitelnost** – je velmi dobrá, materiál však nemůže být průhledný, nejvýše průsvitný. Barevnost speciálních a plněných typů je omezená.

**Použití** – vzhledem k jeho dobrým mechanickým vlastnostem se využívá na součásti strojů a přístrojů. Hojně se využívá v automobilovém a spotřebním průmyslu. S využitím se lze setkat u vstřikovaných dílců přístrojových desek, ventilátorů, nárazníků, různých interiérových vyobložení, součástí různých domácích spotřebičů apod. Odolnost vůči sterilizačním teplotám umožňuje jeho použití na dílce injekčních stříkaček a jiné zdravotnické techniky.

Veličina	Hodnota
Hustota [kg.m-3]	900 až 910
Pevnost v tahu [MPa]	22 až 32
Tažnost [%]	120 až 700
Houževnatost [kJ.m-2]	10 až 15
Navlhavost [%]	0,1

Tab. 1-1 Základní vlastnosti polypropylenu

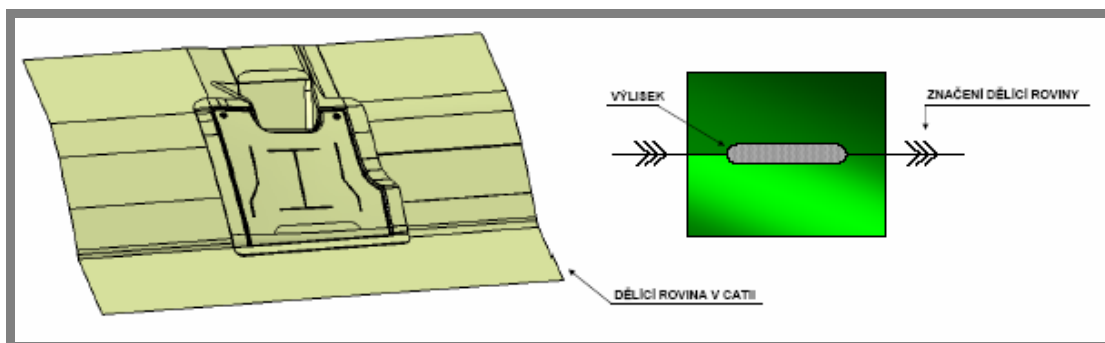
## 1.1.3

**1.1.3 Vybrané zásady tvarového řešení výlisků**

Konstruktor, který navrhuje plastový výlisek je povinen dodržovat skupinu základních pravidel, které jsou nezbytně nutné pro správnou funkci a výrobitelnost výrobku. Konstruktor nástroje obdrží od zákazníka výlisek nejčastěji v 3D datech. Po konzultaci se zákazníkem provede na výlisku jednoduché úpravy pro správné zaformování. Zde jsou uvedeny základní zásady pro tyto úpravy. Uváděné zásady jsou obecně platné pro všechny vstřikované termoplasty.

**Dělicí rovina**

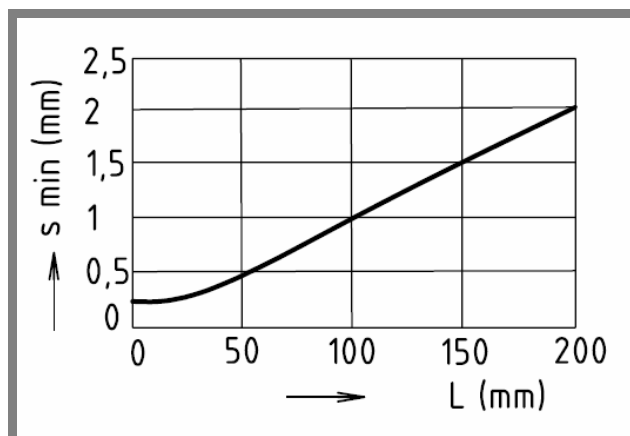
Je to plocha, v níž dosedá pohyblivá strana formy na pevnou. Uzavírá a těsní tak tvarovou dutinu formy. Návrh dělicí roviny je třeba uskutečnit ihned při začátku návrhu výrobku, aby bylo jasné, jak bude výrobek do formy umístěn a jak se z formy bude vyhazovat. Díky tomu je možné vyhnout se zbytečně složitým mechanismům ve formě. Dělicí rovina by měla být z výrobních důvodů, pokud možno, co nejjednodušší, což při složitosti výlisků, které jsou aplikovány v automobilovém průmyslu, není dost dobře proveditelné. Obr. 1-2 ukazuje dělicí rovinu součásti vytvořenou v programu CatiaV5.



Obr. 1-2 Příklad dělicí roviny vytvořené v CatiaV5 a způsob značení dělicí roviny

**Tloušťka stěny**

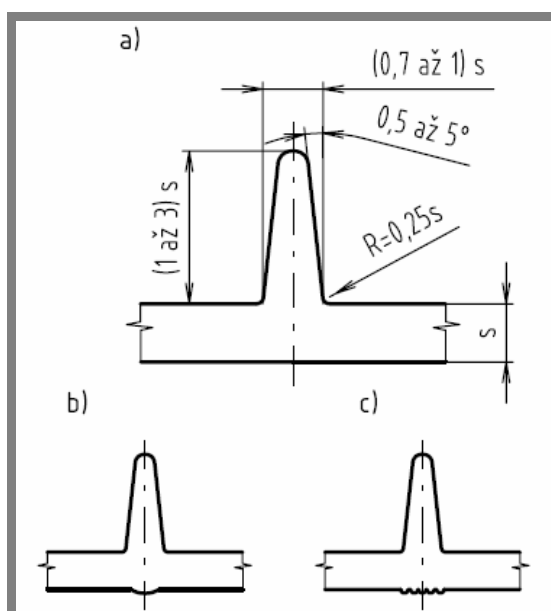
Je to rozměr, který by měl být pokud možno, co nejmenší, aby se zabránilo vzniku povrchových propadlin. Propadliny jsou důsledkem vnitřních staženin tzv. lunkrů, které mohou působit i jako vnitřní vruby nebo mohou oslabovat nosný průřez výlisku a zhoršovat vzhled. Menší tloušťka stěny má vliv i na rozdílné chladnutí povrchu a jádra stěny tak, že se tím sníží vnitřní pnutí. Minimální přípustná tloušťka stěny je určena požadovanou tuhostí, pevností a rozměrností výlisku. Obr. 1-3 ukazuje závislost minimální tloušťky stěny  $s_{min}$  na délce dráhy toku taveniny  $L$ . [2]



Obr. 1-3 Závislost minimální tloušťky stěny na délce dráhy toku taveniny [2]

### Žebra

Žebra se používají velmi často k vyztužení výlisků a umožňují tak použít tenké stěny. Průřez profilu žebra musí mít určitý vztah k tloušťce stěny, aby nenastaly nežádoucí deformace. Optimální tvar žebra je na obr. 1-4. Na zadní stěně výlisku naproti žebrovi se většinou objeví malá liniová propadlina, která vzniká následkem nahromadění materiálu, v místě připojení žebra ke stěně. Tomuto nedostatku ve vzhlednosti výlisku se dá předejít například vytvořením výstupku nebo rýhováním na této stěně, kde je zřetelná propadlina obr. 5b, 5c. Největší tuhost na ohyb a krut dávají výlisku žebra křížová. [1]

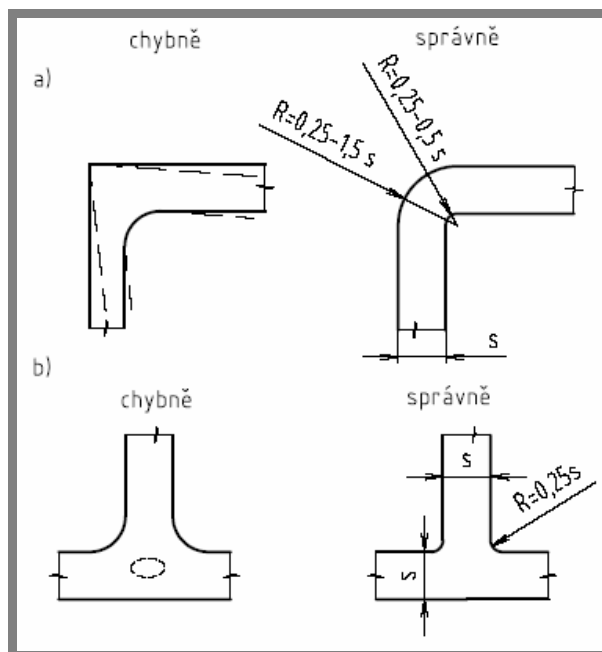


Obr. 1-4 a) Optimální tvar žebra

b) Úprava: výstupek, c) Úprava: rýhování [1]

### Zaoblení

Výlisek, který je členitý obsahuje mnoho ostrých hran, které je třeba zaoblit. Oblé tvary jsou velmi výhodné z hlediska snazšího proudění taveniny. Hydraulické odpory proti průtoku materiálu se zmenšují, čím větší je zaoblení v místě tečení a tím je i menší koncentrace napětí v místě ohybu. Vnější zaoblení bývá o tloušťku stěny větší než vnitřní zaoblení pro dosažení stejné tloušťky stěny po celém průběhu zaoblení. Rozměry zaoblení jsou vidět na obr. 1-5. i s chybným provedením. [7]



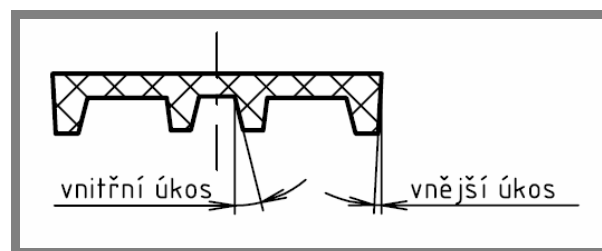
Obr. 1-5 Rozměry a provedení zaoblení

a) provedení koutového zaoblení

b) provedení zaoblení při styku dvou stěn [7]

### Úkosy

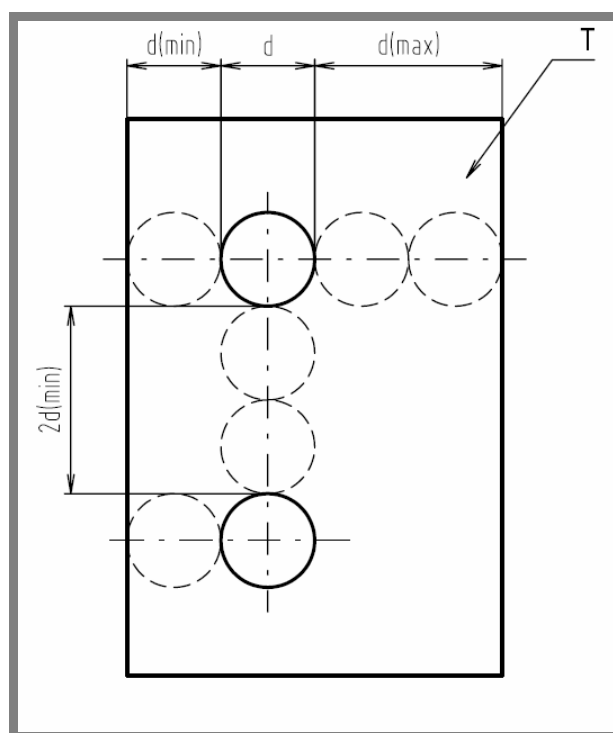
Úkosy stěn výlisku se provádí pro snazší vyjímání z formy. Jedná se o stěny, které jsou rovnoběžné se směrem otevírání formy a vytahování výlisku z formy. Obvyklé úkosy jsou  $0^{\circ}30'$  až  $2^{\circ}$  v závislosti na hloubce tvaru a tloušťce stěny. Tenkostěnné výlisky by měli mít úkosy větší. Rovněž tak větší výlisky s hustou sítí různých otvorů ve stěně a např. větrací mřížky by měly mít úkosy minimálně 3 až  $5^{\circ}$ . Důsledkem silné adheze vůči tvarům v případě malých úkosů jsou problémy s vyhozením výlisku z formy. U výlisků bývá vnitřní úkos větší než vnější, protože při smrštění výlisk více drží na vystouplých tvarech, trnech, kolicích a tvárnících. [7]



Obr. 1-6 Popis úkosů [7]

### Otvory

Otvory jsou v převážné většině vytvořeny částí formy, která se nazývá jádro. Mohou být slepé nebo průchozí. Při chlazení taveniny ve formě se materiál smršťuje na jádro. Z tohoto důvodu se na něm dělá asi o  $1^\circ$  větší úkos než v dutině tvárnice, pro snadnější vyhození vylisku z formy. Vzhledem k jednoduchosti celé formy, by se osy veškerých otvorů měli konstruovat na vylisku rovnoběžně se směrem vytahování a otevírání. Každý otvor, který má osu různoběžnou se směrem vytahování vylisku, se musí vytvářet pomocí různých složitých mechanismů implementovaných do formy. Otvory na vylisku by se měli konstruovat pokud možno co nejmenší, pro zamezení vytvořených studených spojů. Studené spoje vznikají spojením taveniny po obtékání jádra. Následně se při menší teplotě tavenina spojuje. Na obr. 1-7 je ukázáno optimální rozložení otvorů. [1]



Obr. 1-7 Uspořádání děr [1]

#### 1.1.4 Vliv vtoků

Velký vliv na proudění taveniny ve formě při vstřikování termoplastů má druh a umístění vtoků. Dále mají velký vliv na studené spoje, orientaci makromolekul a plniva, rovnoměrnost krystalizace, anizotropii vlastností a rozměrů, povrchový vzhled, vznik vnitřních dutin a povrchových propadlin apod. Tyto strukturní vlastnosti mohou být ovlivněny i technologickými podmínkami při vstřikování. Vtok má být zásadně řešen tak, aby tavenina naplnila formu nejkratší cestou bez velkých teplotních a tlakových ztrát, co nejrychleji a pokud možno všude a ve stejném čase. Tato úloha vtoků je snáze dosažitelná u menších a tvarově jednodušších vylisků než u rozměrných a členitých. [2-18]. Vtok musí být vždy zásadně umístěn naproti stěny dutiny

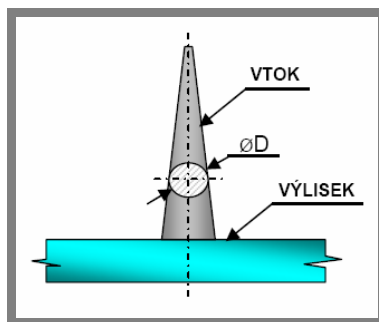
1.1.4



### ***Plný vtok***

Výhodou tohoto vtoku je malá tlaková ztráta, malá anizotropie smrštění a malé vnitřní pnutí ve výlisku. Plný vtok je na obr. 1-8.

Nevýhodou je delší výrobní cyklus a složité odstranění vtoku od výlisku. Používá se hlavně pro tlustostěnné a rozměrné výlisky a pro všechny druhy materiálů.



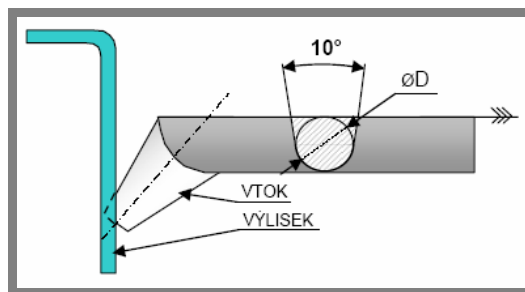
Obr. 1-8 Plný vtok

### ***Tunelový vtok***

Výhodou tohoto vtoku je, že zbylá stopa, která zůstane na výlisku, je poměrně nepatrná a nevyžaduje dodatečné zarovnání. Dává krátké výrobní časy a omezuje vznik nepříjemných tokových čar na povrchu výlisku. Tunelový vtok je na obr. 1-9.

Nevýhodou jsou velké tlakové ztráty.

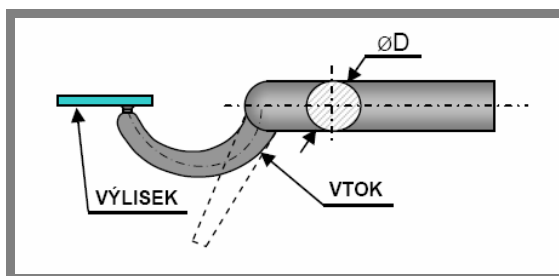
Používá se pro rychle vyráběné tenkostěnné výlisky. Může být použit i jako vícenásobný vtok pro jeden výlisek. Většinou je polohován do stěny výlisku.



Obr. 1-9 Tunelový vtok

### ***Banánový vtok***

Má podobné vlastnosti jako vtok tunelový. Používá se, jestliže se potřebujeme dostat s vtokem pod stěnu výlisku. Banánový vtok je na obr. 1-10.



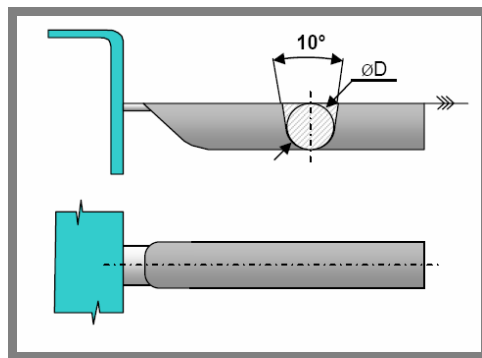
Obr. 1-10 Banánový vtok

**Filmový (membránový vtok)**

Výhodou je rovnoměrné plnění formy a malé dodatečné smrštění výlisku.

Nevýhodou je větší spotřeba materiálu a nezbytnost dodatečného odříznutí vtoků od výlisku.

Používá se pro ploché rozměrné výlisky, pro prstencové tvary a pouzdra. Filmový vtok je na obr. 1-11.



Obr. 1-11 Filmový vtok

**1.2 Vstřikovací formy na plasty**

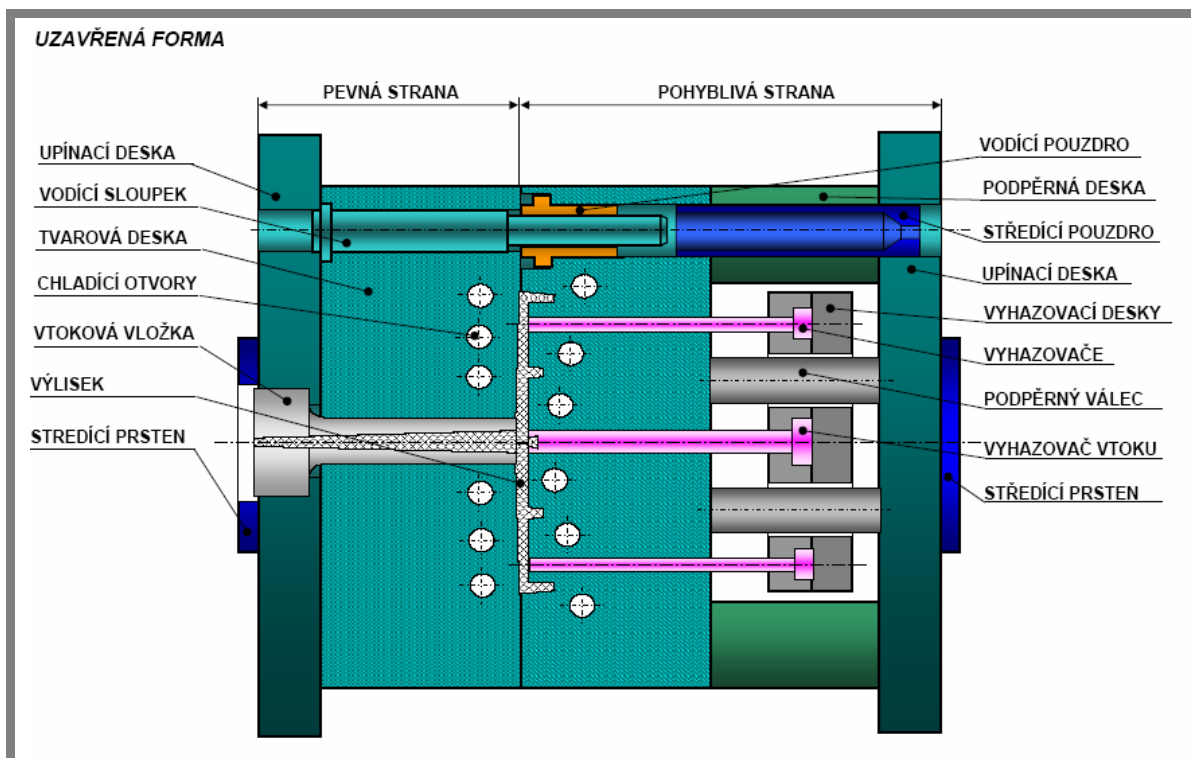
1.2

Vstřikovací formy jsou jedním z nejdůležitějších článků při výrobě plastových výrobků. Lze je definovat jako systém uspořádaných dutých mezer (dutin) postavených do tvaru požadovaného produktu za účelem produkování (obvykle velkých množství) plastových součástí. Mohou se lišit zejména technologií výroby daného polymeru, zda jde o termoplasty nebo o reaktoplasty. Základním rozdílem mezi těmito dvěma technologickými případy je, že forma na termoplasty obsahuje chladicí okruhy, zatímco forma na termosety obsahuje vyhřívací zařízení.

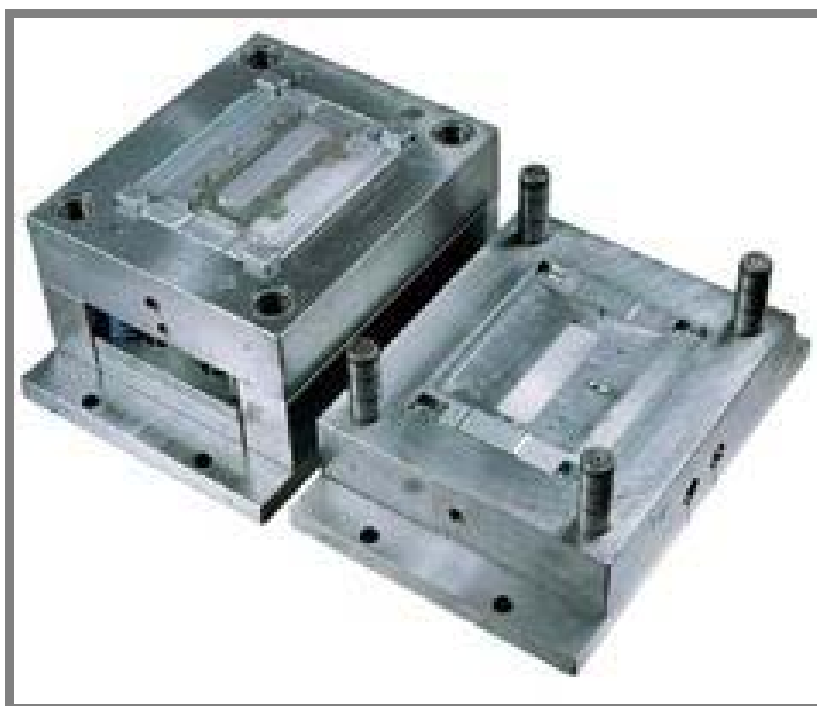
**1.2.1 Složení forem**

1.2.1

Forma je poměrně složitý výrobní celek, který se skládá z mnoha jednotlivých dílů. Konstrukce každé formy se odvíjí od dílu (výlisku), který se má vyrábět, tím pádem každá z nich je jedinečná. Pro usnadnění a urychlení jak konstrukce, tak i výroby, by se mělo použít pokud možno co nejvíce standardizovaných a katalogizovaných součástí. Nejzákladnější zástavbou vstřikovací formy je zástavba ukázaná na obr. 1-12. Jde o formu, která se skládá z pohyblivé a z pevné části. Pohyblivá část, která je připevněná na pohyblivou stranu lisu se skládá z vyhazovací části výlisku a z části tvarové desky (tvárníku). Tvárník je ta část formy, na které výlisek po ochlazení a otevření formy uvízne vlivem smrštění výlisku. Následně je vyhozen vlivem posuvu vyhazovacích desek ve vyhazovací části. Pevná část, která je připevněná k pevné straně lisu se jako u pohyblivé části skládá z části tvarové desky (tvárnice). Touto částí formy je různými druhy vtoků přiveden plast do dutiny formy. Tvárník i tvárnice jsou ve většině případů zhotoveny z nástrojové oceli a podle dalších požadovaných vlastností dále tepelně zpracovávány. Dalšími součástmi formy jsou např. upínací desky, rozpěrné desky, rozpěrné válce, vodící sloupky a pouzdra, vyhazovače, vyhazovací desky, vtokové a tvarové vložky. U složitých výlisků jsou použity mechanismy, které při otevírání formy odjedou a tím odformují problémové místo (šibry). Ukázka skutečné formy je na obr. 1-13 [3]



Obr. 1-12 Popis jednotlivých částí formy



Obr. 1-13 Ukázka skutečné formy

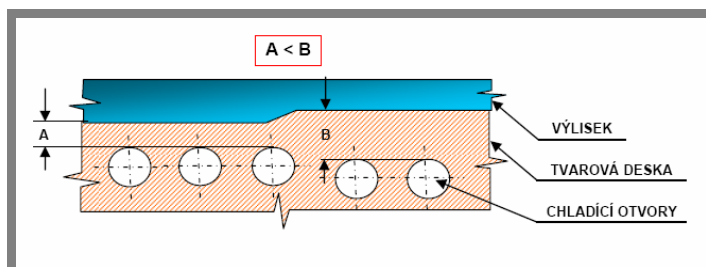
### 1.2.2

#### 1.2.2 Chlazení forem

Proces chlazení začíná již během vstřikovací fáze a pokračuje během dotlaku. V celém procesu chladnutí dochází ke značným časovým i místním změnám stavových veličin polymeru. Konstruktor se snaží o optimální řešení rozmístění chladících kanálů ve formě. [2-3]

### **Rozmístění chladících okruhů ve formě**

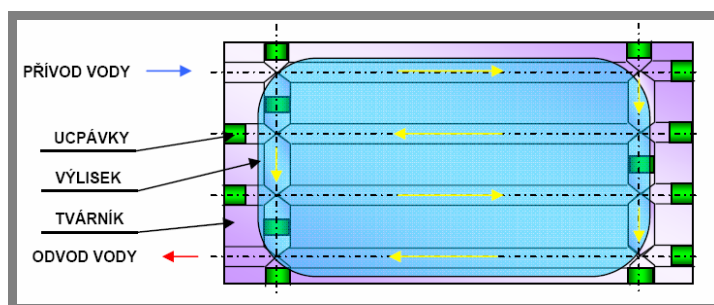
Rozmístění musí být voleno tak, aby bylo dosaženo časově rovnoměrného chlazení všech míst výlisku současně. Tlustší stěny musí mít intenzivnější chlazení. Na obr. 1-14 je vidět postup v takovém případě. [2]



Obr. 1-14 Způsob chlazení při změně tloušťky výlisku

### **Chlazení plochých výlisků**

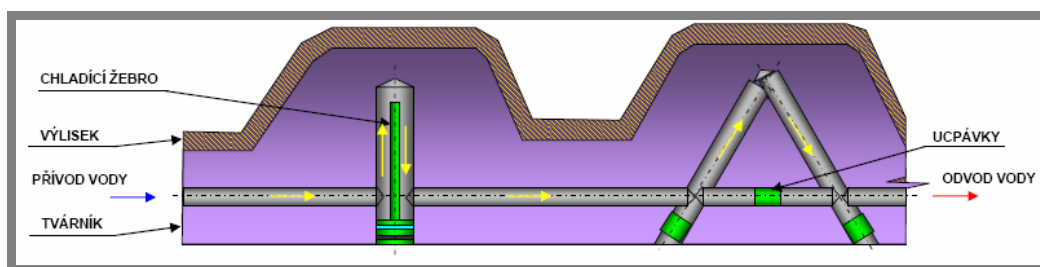
Na obr. 1-15 je znázorněno provedení chlazení pro ploché výlisky. Směr chladicí kapaliny je udáván ucpávkami v chladících otvorech.



Obr.1-15 Chlazení plochých výlisků

### **Chlazení výstupků**

Na obr. 1-16 je znázorněno chlazení výstupků. Směr chladicí kapaliny je udáván chladicími žebry nebo ucpávkami. [3]



Obr. 1-16 Způsob chlazení tvarových výstupků ve formě

## **1.2.3 Vyhazování výlisků z forem**

Při ochlazení výlisku a otevření formy je pravidlem, že výlisek zůstává uvíznut na pohyblivé části formy. Pro odebrání výlisku je potřeba, aby byl bezpečně vyhozen ze všech tvarových drážek, a partií kde je výlisek vlivem smrštění přichycen. Celková plocha vyhazovačů musí být taková, aby se výlisek vyhodil bez tzv. proznačení vyhazovačů na druhé straně výlisku. [2]

1.2.3

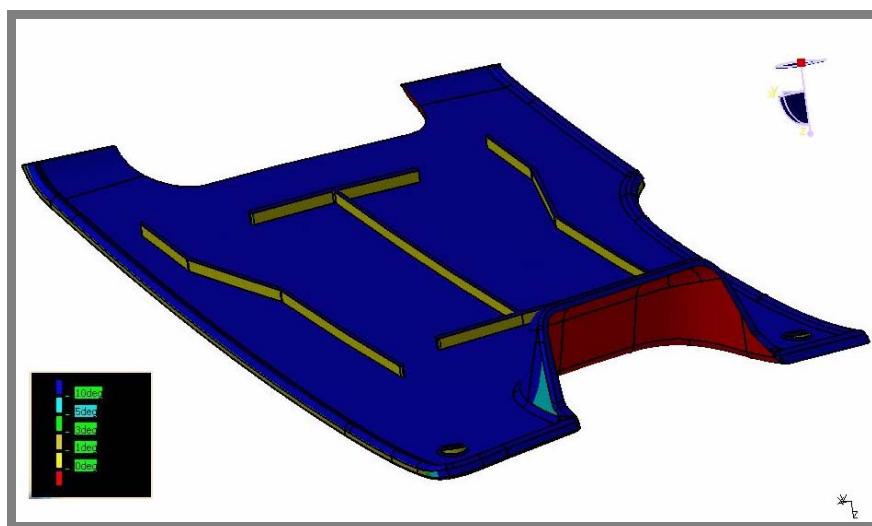
**Způsoby vyhazování:**

- Kolíkové vyhazování (nejvíce používané).
- Vzduchové vyhazování.
- Vyhazování pomocí tvarových segmentů.
- Vyhazování pomocí kroužku.

---

1.2.4**1.2.4 Zaformování výlisku**

Prakticky je to jeden z prvních úkonů konstruktéra při konstrukci nové formy. Jde o analýzu vyrobiteľnosti a zaformování výlisku. Zákazník dodá 3D model součásti, na kterou se má navrhnout forma. Při analýze vyrobiteľnosti se zjišťuje hlavní směr odformování (poloha výlisku ve formě) a správnost všech úkosů, zaoblení nebo různých tvarových prvků jako jsou nálitky, zácvaky atd. Z analýzy vyrobiteľnosti je konstruktér schopen navrhnout tvar dělicí roviny. Pokud je to nutné pomocí analýzy také zjistí, kde jsou potřeba mechanismy, které musí výlisek odformovat, a které nejdou odformovat v hlavním směru odformování. Analýza vyrobiteľnosti je vidět na obr. 1-17.

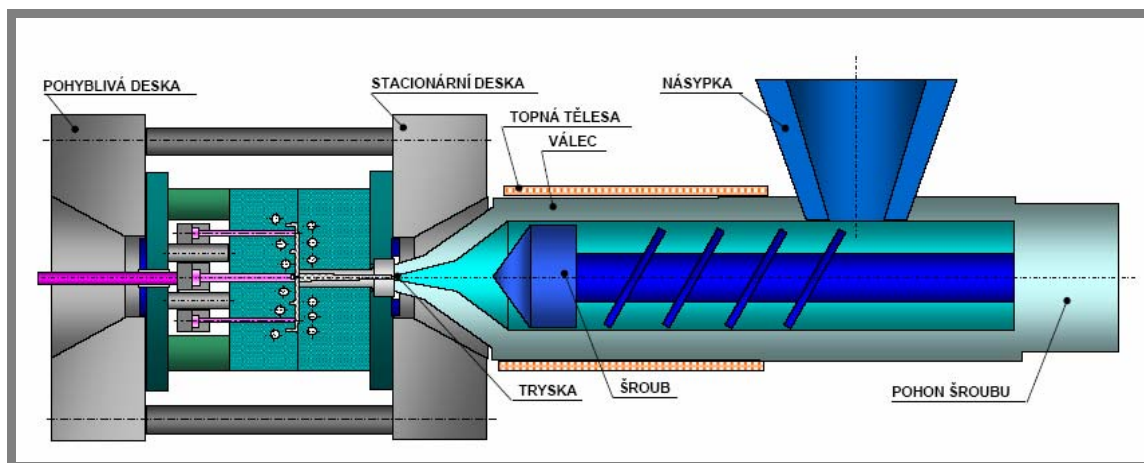


Obr. 1-17 Analýza vyrobiteľnosti v Catia V5

---

1.3**1.3 Vstřikovací stroje**

Vstřikovací stroje jsou zařízení obsahující vstřikovací systém, formu a další pomocná a řídicí zařízení. Schéma vstřikovacího stroje je na obr. 1-18. Stroj a forma tvoří technologický celek, který v průběhu vstřikovacího procesu určuje vlastnosti a kvalitu výrobku. Vstřikovací proces má tyto hlavní fáze: plastikace materiálu v tavicí komoře stroje, vstříknutí taveniny do formy (dělí se na plnění formy a stlačení hmoty ve formě), dotlak a chladnutí hmoty ve formě. Následně nastává otevření formy, vyhození výlisku a opětné zavření formy. Průběh vstřikovacího cyklu je znázorněn na obr. 1-19. [5]



Obr.1-18 Schéma vstřikovacího zařízení



Obr. 1-19 Ukázka skutečného vstřikovacího zařízení

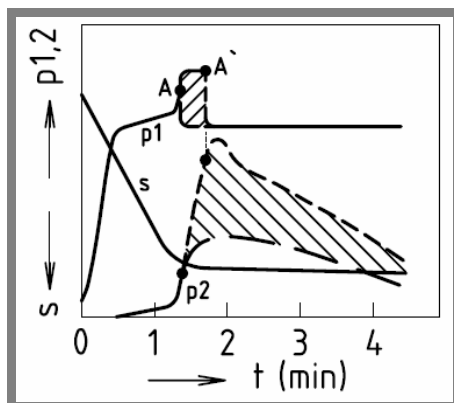
### **Plastikace**

Plastikace je roztavení granulovaného materiálu, který se tím homogenizuje a je připraven pro vstříknutí do formy. Provádí se v tavící komoře stroje, v němž je otočně a posuvně uložen plastikační šnek. Teplo je asi z jedné třetiny přiváděno elektrickým topením a asi ze dvou třetin třením hmoty při hnětení šnekem.

### **Plnění formy**

Účelem této fáze je dokonale naplnit tvarovou dutinu formy taveninou pod tlakem 50 až 200 MPa, podle viskozity taveniny, členitosti a tloušťky stěn výstřiku. Při

vstřikování se šnek neotáčí, ale posune se hydraulicky vpřed a jako píst vytlačí taveninu z válce skrz trysku do formy.



**Obr. 1-20** Průběh tlaků při vstřikování termoplastů,  
**p1**- tlak hydraulické kapaliny posouvající šnek při vstřiku,  
**p2**- tlak taveniny ve formě,  
**s**- dráha posuvu šneku,  
**t**- čas,  
**A – A'**- rozptyl okamžiků přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak [1]

### **Dotlak**

Účelem dotlaku je po ukončení vstřiku dotlačovat další taveninu do formy. A následně nahrazovat úbytek objemu způsobený smršťováním materiálu během chladnutí, aby ve výstřiku nevznikly staženiny nebo povrchové propadliny. [2]



## 2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

---

2

Princip zástavby formy u jednoduchých forem se notoricky opakuje. Pro urychlení konstrukčních prací je zapotřebí vytvořit systém, který by tento opakující se postup zautomatizoval. Postupy práce, které jsou dosud používané, jsou velmi zdlouhavé a náchylné na vznik chyby. Tyto chyby mohou vzniknout například kolizemi, nesprávným zápisem do kusovníku apod.

### 2.1 Stávající postupy konstrukce v programu CatiaV5

---

2.1

#### *Konstrukce nové sestavy formy*

Tato varianta zahrnuje konstrukci formy od úplného počátku. Hlavní nevýhodou této varianty je velká časová náročnost a s tím spojená neekonomičnost využití daného softwaru. Doba konstrukce se prodlužuje s větším počtem součástí a tím se zvětšují náklady na konstrukci.

#### *Použití stávající zástavby formy na novou formu*

Využitím této varianty částečně odstraníme hlavní časovou nevýhodu předchozí varianty. Tuto variantu lze ale použít jen tehdy, pokud se nová zástavba formy jen málo liší od té původní. Při komplikovanější změně dat často dochází k různým kolizím. Často takto upravená data obsahují nepotřebné prvky, které jejich objem zbytečně zvětšují.

#### *Zefektivnění postupů práce*

Pro odstranění nedostatků, které byly již zmíněny je na snaze vytvořit automatizovaný konstrukční celek (parametrickou šablonu formy). Šablona formy bude automaticky v závislosti na zvoleném rozměru přepočítávat všechny své komponenty s tím, že změněné rozměry polotovarů obráběných dílů a normy normalizovaných součástí se budou přepisovat ve vlastnostech těchto komponent automaticky.

### 2.2 Využití webového portálu

---

2.2

Při konstrukci jakéhokoli zařízení konstruktér používá normalizované díly, které se dají jednoduše objednat a zakomponovat do daného konstrukčního celku. Jestliže pracuje s 3D softwarem, musí si tyto komponenty buď vymodelovat anebo stáhnout data 3D komponenty z příslušných webových katalogů. Zde vzniká problém se správou těchto dat.

#### *Výhody*

- Jednoduchá údržba.
- Zabezpečení.
- Rozmanitost použití.
- Jednoduchý přístup pro každého uživatele.
- Grafická zpracovatelnost.

#### *Nevýhody*

- Pověřená osoba, která bude portál spravovat.
- Náklady na software.



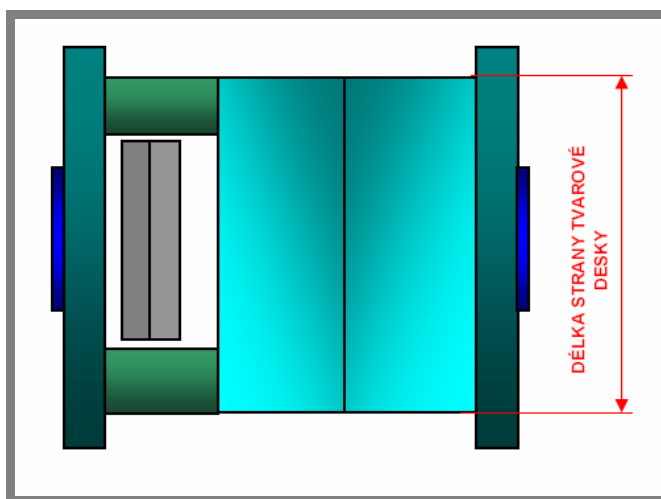
## 2.3 Rozměrový rozsah parametrické šablony

### 2.3.1 Parametry ovlivňující rozměry formy

- Celkový rozměr výlisku.
- Složitost a členitost výlisku.
- Počet výlisků vyrobených na jedno otevření formy.
- Vstřikovací zařízení (lis).
- Kapacita obráběcích strojů.

### 2.3.2 Parametry potřebné pro ovládání šablony

Optimální parametr pro ovládání všech rozměrů šablony je **délka strany tvarové desky**, která je znázorněna na obr. 2-1. Rozsah byl stanoven firmou Mürdter Dvořák na **300 až 700mm**.



Obr. 2-1. Znázornění řídicího parametru šablony

## 2.4 Technologičnost šablony

Všechny funkční plochy, které jsou obráběné, musí být obarveny podle zvyklostí firmy Mürdter Dvořák. Šablona musí obsahovat demontážní drážky a každá komponenta, která bude obráběna, musí mít přenášecí závity.

## 2.5 Automatické generování rozměrů součástí

Pro urychlení práce s vypisováním kusovníku, všechny komponenty 3D šablony musí obsahovat automatické vypisování rozměrů polotovarů a normalizované součásti musí obsahovat automatické vypisování norem. U některých rozměrů normalizovaných součástí, které nelze automatizovat musí být přiřazeny katalogové parametry, se kterými konstruktér může disponovat.

### 3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

3

---

Primárním cílem diplomové práce je **zefektivnit současný způsob konstrukce**, a to především urychlením konstrukčního procesu s potlačením vzniku chyb.

**Řešení obsahuje:**

1. Návrh systému 3D parametrické šablony formy závislé na jednom řídicím parametru v programu Catia V5.
2. Návrh systému automatického přepisování rozměrů ve vlastnostech součástí pro minimalizaci vytvoření chyb zápisem do kusovníku.
3. Výběr nejvhodnější webové platformy pro vytvoření knihovny normalizovaných dílů.

**Ad. 1)** Je zapotřebí vybrat nejvhodnější způsob sestavení šablony samotné. Dále zpracování výpočtu jednotlivých komponent a jeho algoritmus při změně řídicího parametru délce strany tvarové desky.

**Ad. 2)** Pro zamezení generování chyb zápisem do kusovníku, je zapotřebí vypracovat systém automatického přepisování rozměrů polotovarů komponent a automatického přepisování norem u normalizovaných součástí. Tyto údaje budou následně automaticky generovány do kusovníku dané sestavy.

**Ad. 3)** Pro správu knihovny normalizovaných a typizovaných dílů bude použit webový portál se serverem. Úkolem je vybrat odpovídající systém, který bude vyhovovat po ekonomické stránce firmě Mürdter Dvořák a bude přístupný pro každého konstruktéra, kterému budou přiděleny určitá práva používání. Zpracování portálu bude přehledné a bude ho moci rozšiřovat každý konstruktér bez znalosti jakéhokoliv programovacího jazyka po konzultaci se správcem systému.

## **4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU ŘEŠENÍ**

### **4.1**

#### **4.1 Struktura postupu práce**

- 1) Navrhnutí možných způsobů řešení výpočtu parametrické šablony a výběr toho nejvhodnějšího.
- 2) Návrh základního sestavení jednotlivých komponent a příprava pro jejich parametrizaci.
- 3) Návrh systému řízení geometrie a tloušťek jednotlivých komponent.
- 4) Návrh algoritmu výpočtu při změně řídicího parametru délky strany tvarové desky.
- 5) Implementace řízených parametrů do jednotlivých komponent šablony.
- 6) Vytvoření podsestavy chlazení a jeho základního systému řízení.
- 7) Výběr nejvhodnějšího systému pro vytvoření webového portálu a serveru.
- 8) Vytvoření webového portálu pro správu normalizovaných a typizovaných součástí.
- 9) Praktická ukázka funkčnosti parametrické šablony a webového portálu na konstrukci zadané formy.

### **4.2**

#### **4.2 Postupy práce**

Veškeré postupy musí být provedeny v souladu s výrobními zvyklostmi firmy Mürdter Dvořák. Vzhledem k využívání bezvýkresové dokumentace v této firmě budou všechny funkční plochy označeny danou barvou pro obrábění. Dodatková výkresová dokumentace, která bude vytvořena, slouží jen jako přehled rozložení sestavy formy pro zákazníka a bude zpracována podle zvyklostí firmy.

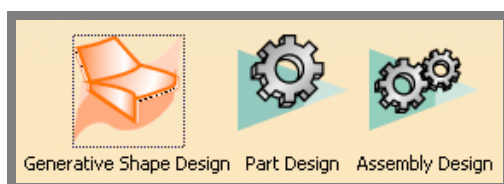
## 5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

5

### 5.1 Předběžné varianty

5.1

Při návrhu každé varianty bylo jednoznačné použít webové rozhraní pro funkci automatizace. Dále je možné využití tohoto systému i kolegy z mateřské společnosti firmy Mürdter Dvořák v Německu bez složitého přenosu dat ftp servery nebo jiným způsobem. Díky webovému portálu správce tohoto systému udělá změnu nebo rozšíření a tyto změny se již nemusí dále posílat do Německa. Pro zadávání údajů parametrů je nezbytně nutný tabulkový procesor, jako je například Microsoft Excel, ze kterého si CatiaV5 stahuje informace. Cílem je dosáhnout jednoduchosti, přehlednosti a efektivity. Pro používání tohoto systému je nezbytně nutná alespoň základní znalost modulů CatiaV5 (dále jen Catia) a to Generativ Shape Design (modul pro modelování ploch), Part Design (modul pro návrh částí) a Assembly Design (modul pro sestavy). Označení jednotlivých modulů Catia je na obr. 5-1.



Obr. 5-1 Označení použitých modulů Catia V5.

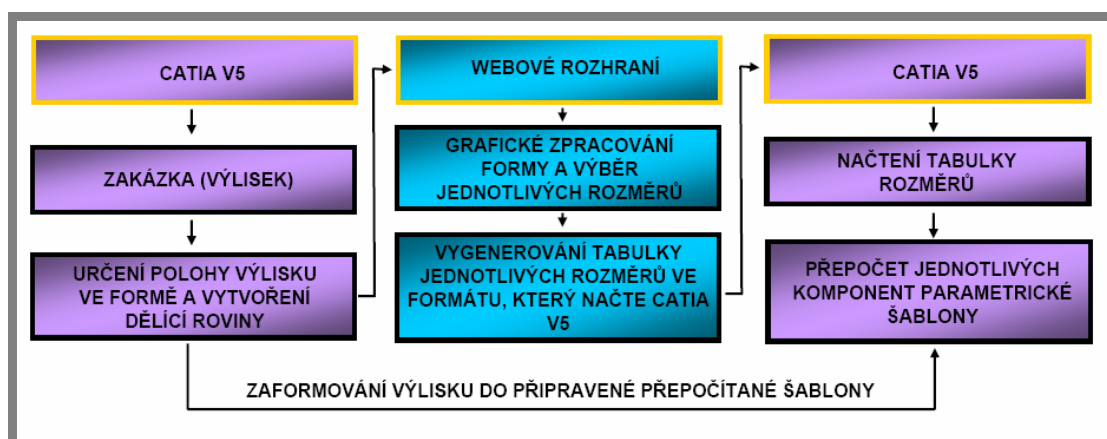
### 5.2 Popis jednotlivých variant

5.2

#### 5.2.1 Varianta č. 1

5.2.1

Tato varianta byla prvním impulsem pro vytvoření webového rozhraní. Na obr. 5-2 je znázorněn diagram, který popisuje funkci první varianty.



Obr. 5-2 Diagram funkce varianty č. 1

Prvotní návrh byl takový, že se vytvoří webový portál, který bude obsahovat grafické znázornění sestavy formy a roletové menu rozměrů jednotlivých komponent. Po zapolohování výlisku si konstruktér určí velikost tvarových desek a započne s výběrem jednotlivých rozměrů komponent z roletových menu. Po výběru všech potřebných rozměrů by webový portál měl vygenerovat tabulku rozměrů, která by

měla být nejlépe v xls formátu, tedy ve formátu, který si načte Catia. V Catia by byla nachystána parametrická šablona, která by měla všechny rozměry z roletových menu webového portálu asociovány. Po načtení nové vygenerované tabulky do Catie by se jednotlivé komponenty šablony přepočety. Do takto nachystané šablony konstruktér může zaformovat svůj výlisek.

### Výhody

- Rychlé a snadné zadávání parametrů.
- Jednoduchá dostupnost na zvolené pracoviště.
- Zabezpečení

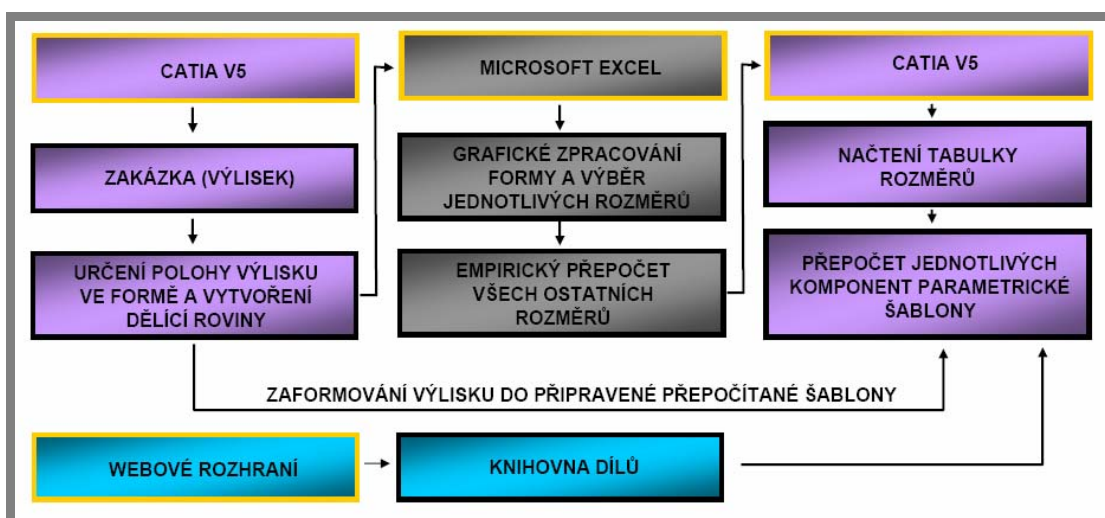
### Nevýhody

- Složitost programování webového portálu.
- Při chybném zadání rozměrů by se akce musela opakovat.
- Nepřehlednost konstrukce z důvodu výběru rozměrů na portálu a následném zkontrolování v Catii.
- Složitost vytvoření parametrické šablony z důvodu mnoha asociovaných rozměrů.

## 5.2.2

### 5.2.2 Varianta č. 2

Funkce varianty č. 2 je znázorněna na obr. 5-3. Tato varianta je diametrálně odlišná od první varianty. Zde by se jednotlivé rozměry vybíraly přímo v Excelu. Šablona v Catii by byla ovládána asociovanými rozměry z tabulek v Excelu. Všechny rozměry komponent by se přepočítávaly podle parametru délky strany tvarové desky. V tomto případě by se délka strany tvarové desky zadávala přímo do Excelu a všechny ostatní potřebné rozměry by se empiricky přepočítaly. Výpočty by prováděl Excel sám. Takto vypočítané rozměry by byly načteny do Catie a jednotlivé komponenty by byly změněny podle těchto rozměrů. Šablona formy by tímto byla připravena pro zaformování výlisku. Ve variantě číslo 2 by webový portál byl využit jako knihovna normalizovaných a typizovaných prvků, které by se jednoduše otevíraly v Catii a následně vkládaly do sestavy formy.



Obr. 5-3 Diagram funkce varianty č. 2

### Výhody

- Díky jednomu řídicímu parametru je výhodou rychlost ovládání.
- Přehledná struktura vzorců v Excelu.
- Jednoduché vkládání normalizovaných dílu pomocí webového portálu.
- Díky tomuto způsobu je možnost řídit šablonu formy do posledních detailů, jako jsou např. přenášeční závity jednotlivých komponent, zápichy, sražení, rádius.

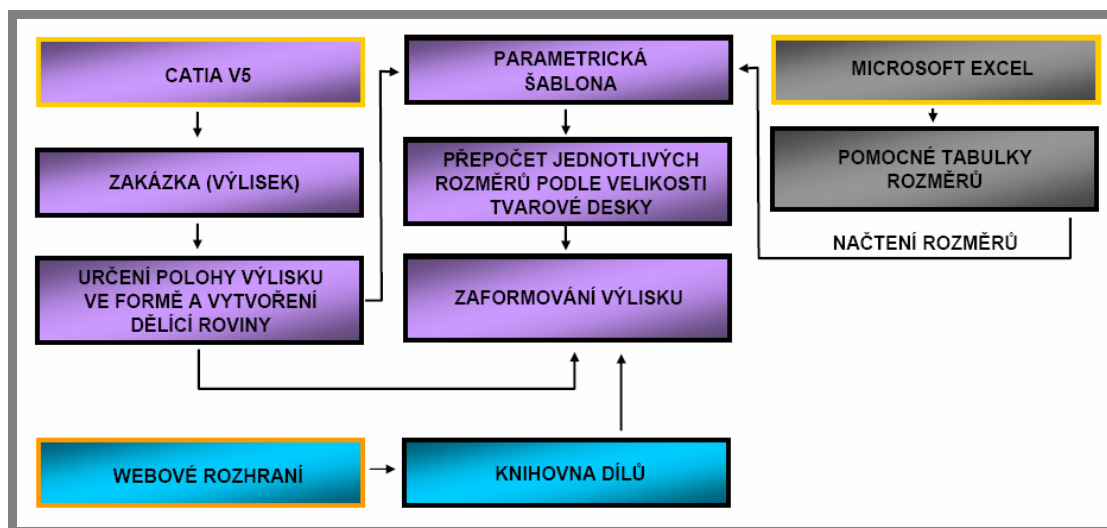
### Nevýhody

- Nepřehlednost konstrukce z důvodu zadávání rozměrů v Excelu a následném zkontrolování v Catii.
- Složitost vytvoření parametrické šablony z důvodu mnoha asociovaných rozměrů.
- Jestliže výsledek parametrizace není vyhovující, akce se musí opakovat od začátku.

### 5.2.3 Varianta č. 3

5.2.2

Varianta č. 3 je ekvivalentem varianty č. 2. Je znázorněna na obr. 5-4. U této varianty jsou veškeré výpočty prováděny v Catii. Parametrická šablona je ovládána jako u druhé varianty, délkou strany tvarové desky. Tento parametr se zadává přímo v Catii. Excel je použit pouze jako pomoc při konstrukci parametrické šablony, anebo při změně určitých rozměrů. Funkce je taková, že konstruktér si zvolí podle výlisku velikost tvarové desky. Tímto se šablona kompletně přepočítá na jeho požadované rozměry a může pokračovat se zaformováním výlisku. Ve variantě číslo 3 je webový portál použit jako v předchozí variantě s rozdílem, že v databázi normalizovaných dílů je zakomponována i samotná parametrická šablona.



Obr.5-4 Diagram funkce varianty č.3.

### Výhody

- Díky jednomu řídicímu parametru je výhodou rychlost a snadnost ovládání.
- Přehlednost, jednotlivé parametry se nemusí řídit v jiném softwaru.
- Jednoduché vkládání normalizovaných dílů pomocí webového portálu.

- Díky tomuto způsobu je možnost řídit šablonu formy do posledních detailů jako jsou např. přenášecí závity jednotlivých komponent, zápichy, sražení, rádiusy atd.
- Systémovost šablony je zachována i po skončení parametrizace, tzn., že již zkonstruovanou formu je možné použít na další aplikace.

#### *Nevýhody*

- Pro rozšiřování parametrické šablony je zapotřebí detailnější znalost Catie.
- Všechny komponenty sestav i podsestav obsahují velké množství funkcí (relací), které v podání Catie nejsou příliš přehledné.

### 5.3

---

#### **5.3 Výběr a zdůvodnění nejvhodnější varianty**

Varianta č. 1 nepřichází v úvahu z důvodu složitého programování webového portálu. Cílem je vytvořit systém, který si bude moci rozšiřovat každý konstruktér, bez nároků na znalost různých programovacích jazyků webových rozhraní.

Varianta č. 2 je použitelný systém, ale při aplikaci již navržené formy na novou formu by se nedal uplatnit.

Nejvhodnější variantou je poslední varianta č. 3. Nejvhodnější variantou je z toho důvodu, že konstruktér provádí konstrukční práce pouze v softwaru Catia a nemusí soustřeďovat svoji pozornost dalšímu prostředí. Jedním z dalších předpokladů je, že konstruktér má základní znalosti s moduly Catia. Tímto je schopen po krátkém přeškolení, rozšiřovat systém dle svého uvážení. Webové rozhraní, které obstarává Windows SharePoint ve spojení s Windows serverem je také velice uživatelsky přístupné a pro účel správy normalizovaných dílů vyhovující. Hlavním důvodem použití SharePointu je jeho nynější využití u firmy Mürdter Dvořák.



## 6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

6

Cílem této kapitoly je detailně popsat navrhnutý systém a ověřit tak jeho funkčnost na konkrétní zadané formě, která již byla zkonstruována stávajícími způsoby konstrukce. Dalším cílem je porovnat stávající a nový způsob práce. Veškeré parametry normalizovaných komponent jsou čerpány z katalogů firem Hasco, Sankyo, Wema a Parker. V návrhu konstrukce je využito zástavby formy firmy Hasco.

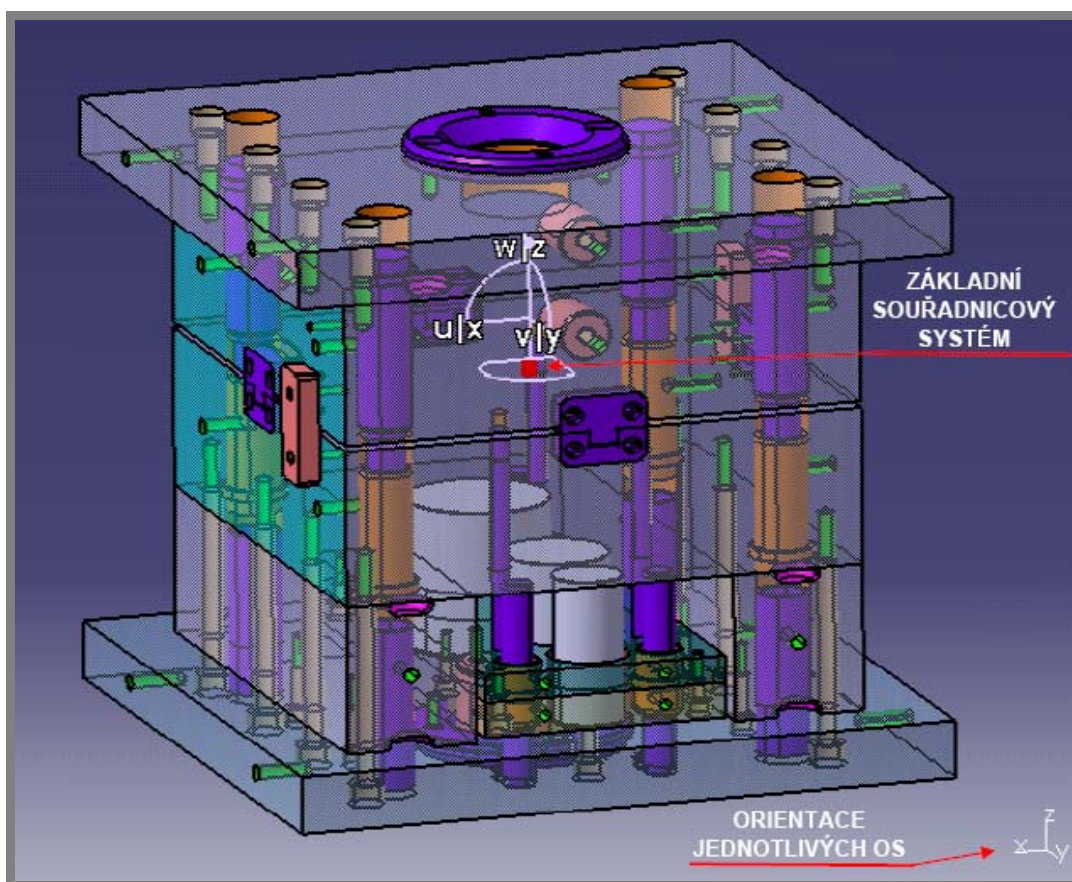
### 6.1 Návrh konstrukce a řízení 3D parametrické šablony

6.1

#### 6.1.1 Základní souřadný systém parametrické šablony

6.1.1

Obecně základní souřadnicový systém má polohu v těžišti výlisku. Osa Z je hlavním směrem odformování a otevírání formy. Všechny zástavbové prvky jako jsou tvarové desky, upínací desky, vyhazovací desky a distanční desky mají společný souřadnicový systém (základní souřadnicový systém). Všechny tyto prvky jsou zavazbeny fixováním proti nežádoucímu posuvu z polohy základního souřadnicového systému. Nežádoucí posuv může nastat při parametrizaci nebo při manipulaci se součástmi za účelem kinematické analýzy. Na obr. 6-1 je znázorněn základní souřadnicový systém parametrické šablony.



Obr. 6-1 Zobrazení základního souřadnicového systému



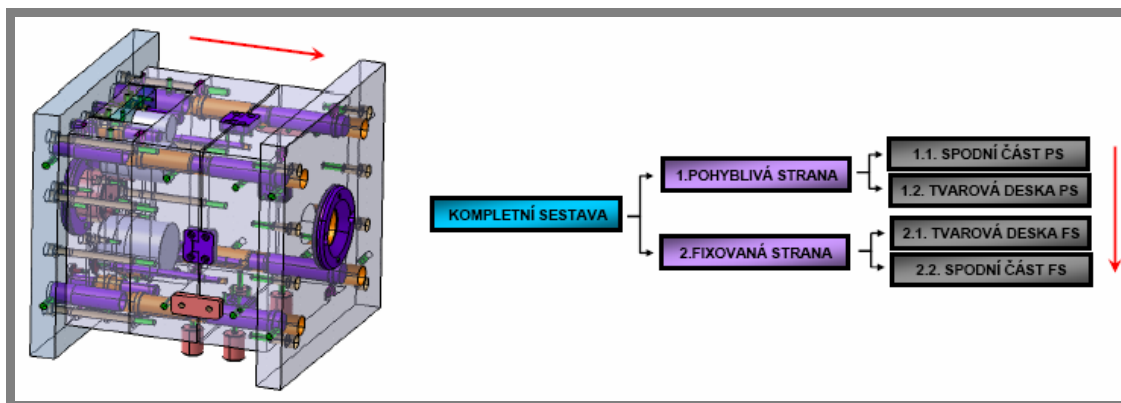
## 6.1.2

**6.1.2 Struktura jednotlivých sestav, podsestav a dílů kompletní sestavy**

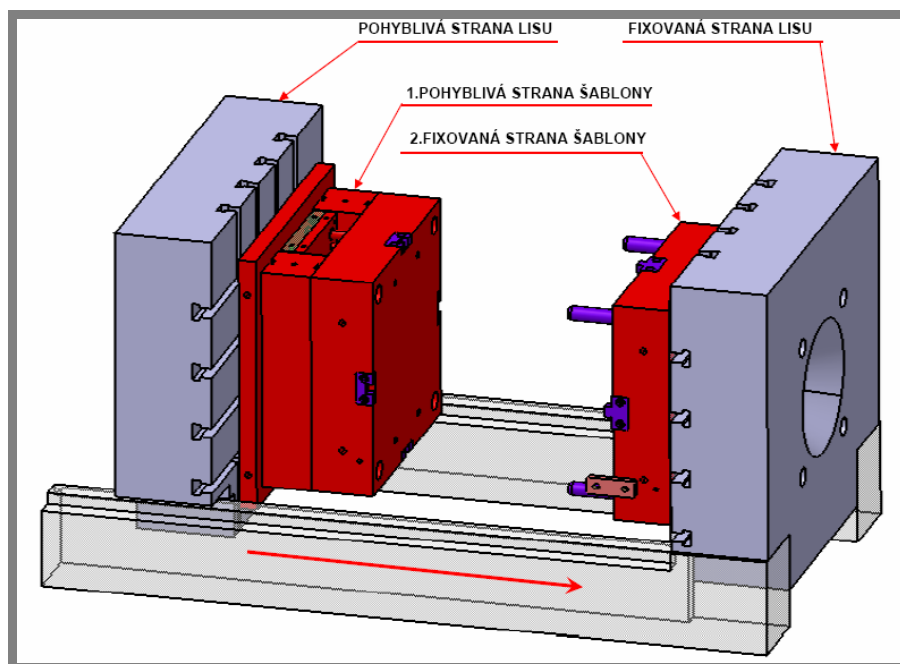
Jde o seřazení všech sestav, podsestav a dílů v datovém stromu kompletní sestavy šablony formy dle zvyklostí firmy. Pro připomenutí, šablona formy je velmi silný nástroj pro efektivní návrh základního mechanismu formy. Konstruktor pouze zadá rozměry půdorysu tvarových desek a šablona formy se automaticky přepočítá do požadovaných rozměrů včetně normalizovaných součástí. [11, 12, 18]

**Kompletní sestava**

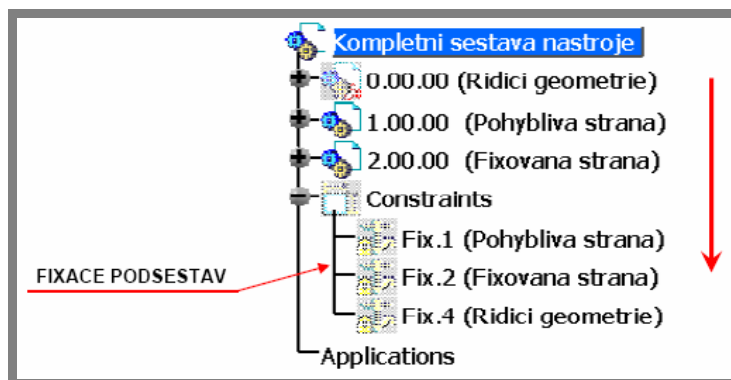
Kompletní sestava šablony formy se skládá ze dvou podsestav – 1. **pohyblivá strana** (dále PS) a 2. **fixovaná strana** (dále FS). Kompletní sestava je znázorněna na obr. 6-2. Pořadí těchto dvou podsestav určuje poloha nástroje v lisovacím stroji. Jednotlivé podsestavy šablony postupují od pohyblivé strany lisu k pevné. Znázornění šablony v lisu na obr. 6-3. Znázornění podsestav ve stromu kompletní sestavy obr. 6-4. Obě podsestavy jsou zavazbeny fixováním k základnímu souřadnému systému proti nežádoucímu posuvu.



Obr. 6-2 Kompletní sestava šablony s diagramem rozložení hlavních sestav



Obr. 6-3 Znázornění pořadí dvou hlavních podsestav (PS a FS)



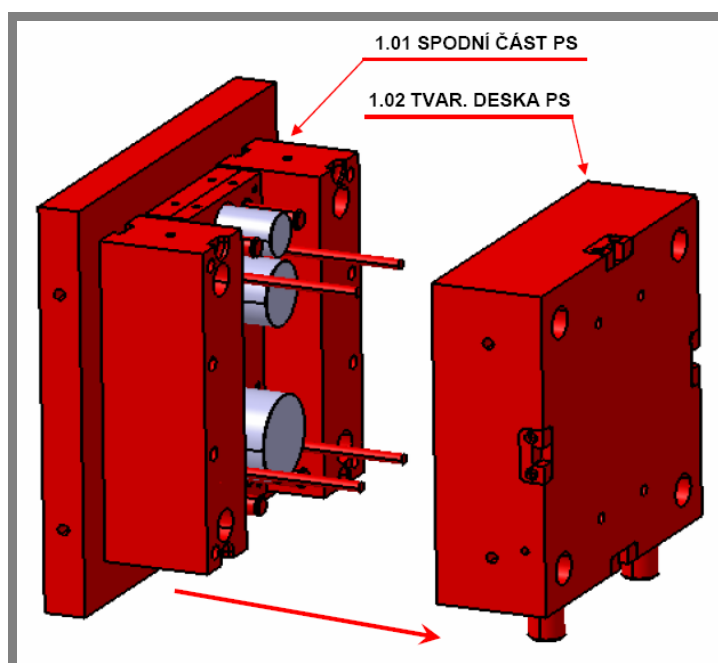
Obr. 6-4 Znáznornění podsestav v datovém stromu kompletní sestavy s vazbami

**Pohyblivá strana**

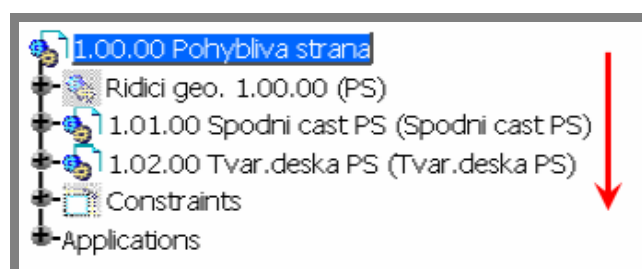
Pohyblivá strana šablony se jako kompletní sestava také skládá ze dvou podsestav.

**1.01 spodní část PS a 1.02 tvarová deska PS**

Pořadí zde také určuje poloha nástroje v lisovacím stroji. Jednotlivé podsestavy PS jsou vidět na obr. 6-5. Znáznornění pořadí v datovém stromu je na obr. 6-6. Tyto podsestavy jsou taktéž fixovány.

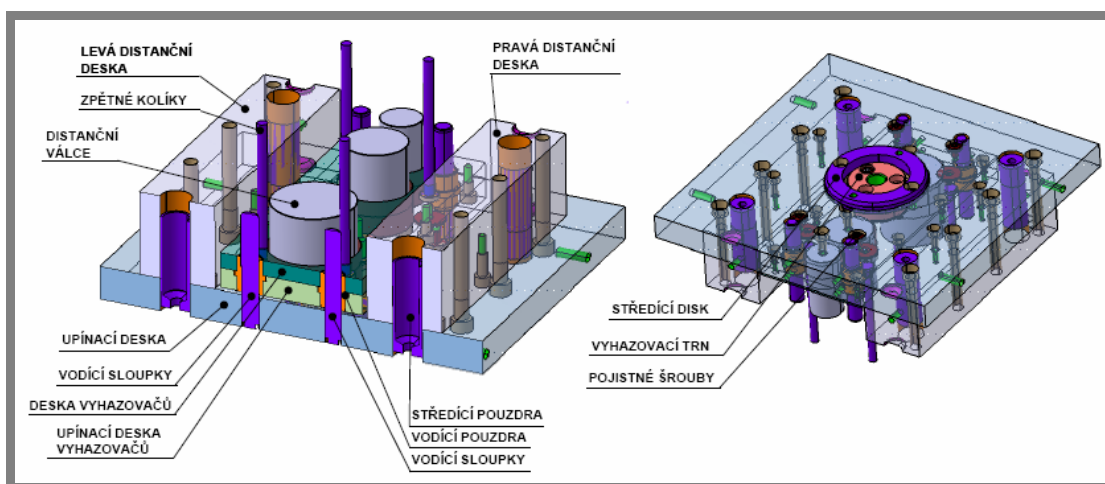


Obr. 6-5 Znáznornění podsestav pohyblivé strany



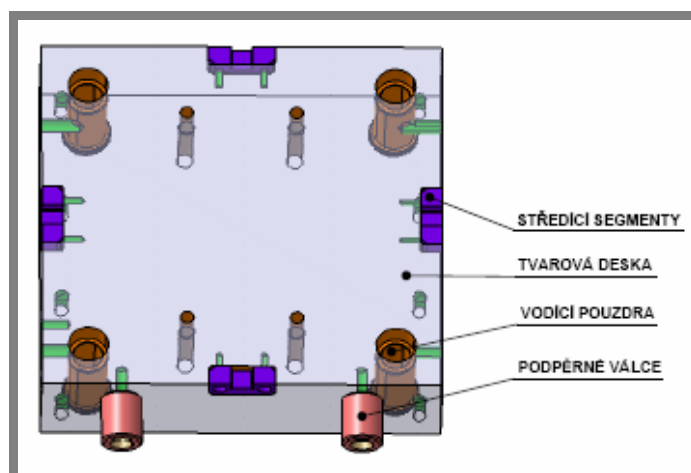
Obr. 6-6 Datový strom PS

- Sestava spodní části PS** – je to část formy, za kterou se pohyblivá strana upíná do pohyblivé části lisovacího stroje. Datový strom těchto podsestav nebude již znázorněn na obrázcích, protože již neobsahuje žádné další podsestavy, ale pouze jednotlivé díly (party). Tato část obsahuje vyhazovací mechanismus, který po otevření formy vysune uvíznutý výlisek z formy. Sestava je vytvořena tak, aby se jednoduše dal ovládat zdvih vyhazovacích desek. Pořadí jednotlivých součástí ve spodní části PS je takové, že přednost mají frézované součásti před rotačními. Posledními členy ve stromu spodní části jsou použité šrouby, podložky nebo jiné jednoduché normálie. Popis spodní části PS ukazuje obr. 6-7.



Obr. 6-7 Popis spodní části PS

- Sestava tvarové desky PS** – pořadí jednotlivých součástí v datovém stromu je od frézovaných po rotační až po jednoduché normálie. Popis sestavy tvarové desky PS je na obr. 6-8. Středící segmenty, které šablona obsahuje, jsou použitelné jen v případě plochého výlisku. V případě výlisku, který je tvarově členitější se forma většinou středí středícími lištami, které jsou přišroubovány ke tvaru tvarových desek.



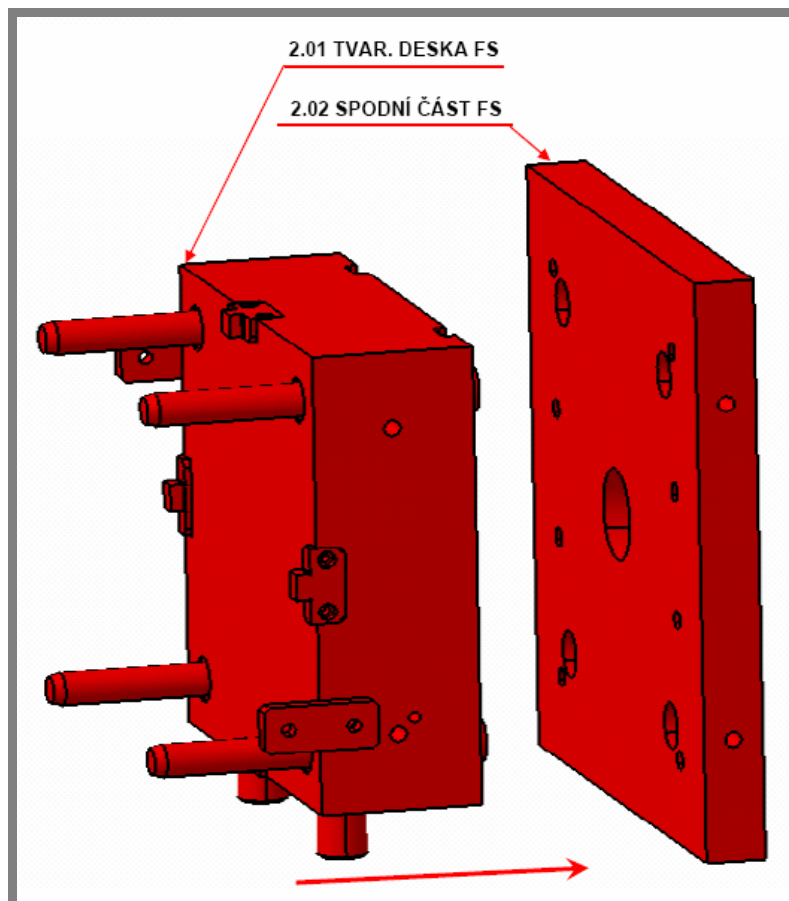
Obr. 6-8 Popis sestavy tvarové desky PS

**Fixovaná strana**

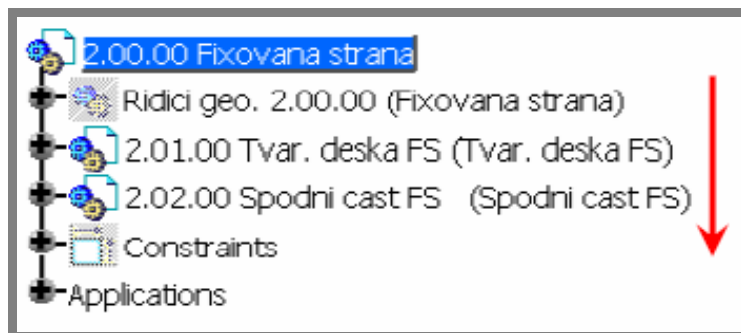
Pohyblivá strana šablony se jako kompletní sestava skládá ze dvou podsestav.

**2.01 tvarová deska FS a 2.02 spodní strana FS.**

Pořadí zde také určuje poloha nástroje v lisovacím stroji. Jednotlivé podsestavy FS jsou vidět na obr. 6-9. Znáznornění pořadí v datovém stromu je na obr. 6-10. Podsestavy jsou taktěž fixovány.

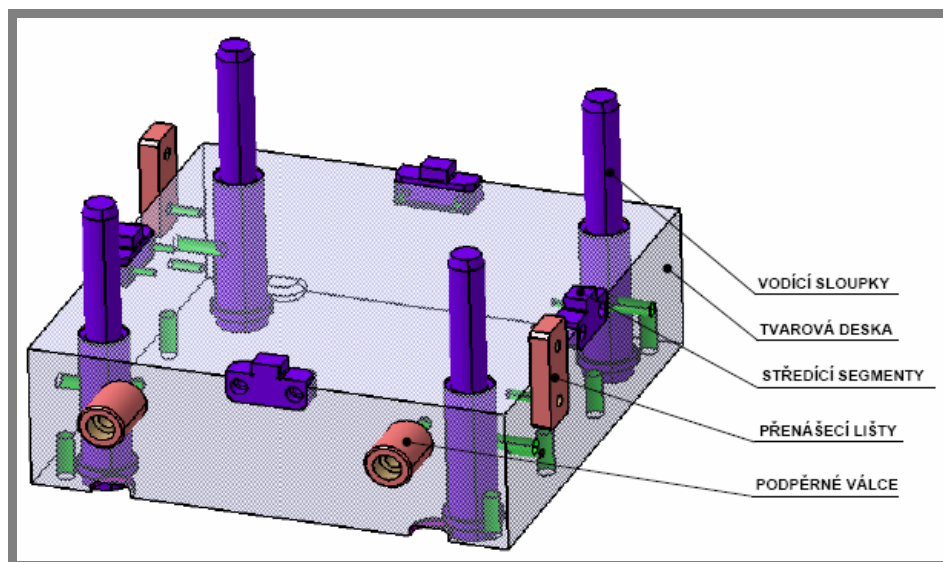


Obr. 6-9 Znáznornění podsestav fixované strany



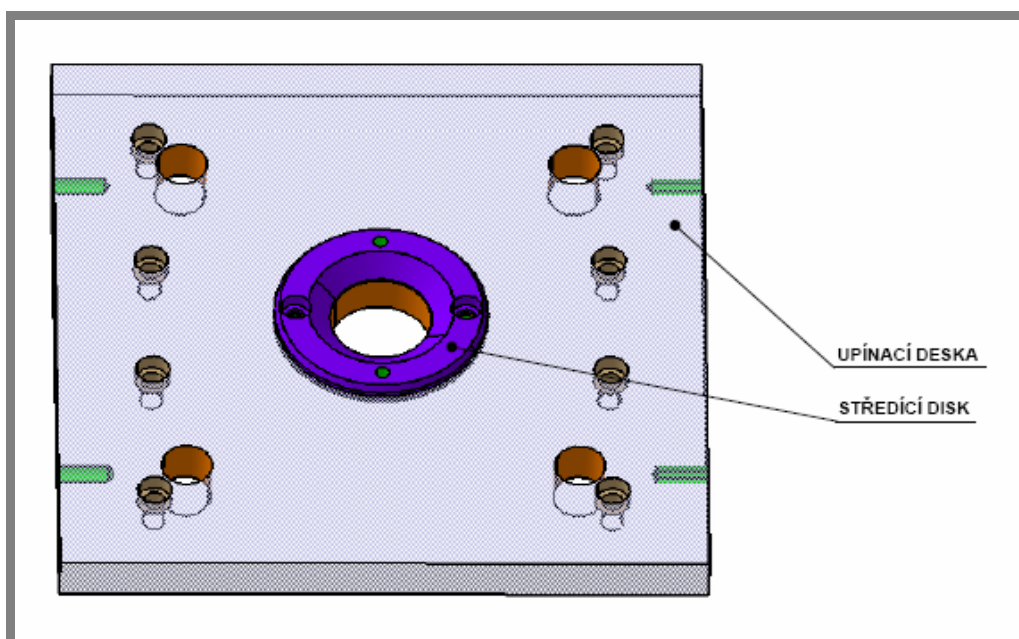
Obr. 6-10 Datový strom FS

- **Sestava tvarové desky FS** – sled součástí v datovém stromu je stejný jako u sestavy tvarové desky PS. Přednost mají frézované součásti, dále rotační součásti a následně jednoduché normálie. Podsestava obsahuje středící segmenty, které jsou spasovány se segmenty v podsestavě tvarové desky PS. Popis sestavy tvarové desky je na obr. 6-11.



Obr. 6-11 Popis sestavy tvarové desky FS

- **Sestava spodní částí FS** - je to část formy, za kterou se fixovaná (pevná) strana upíná do fixované části lisovacího stroje. Sestava je vytvořena tak, aby se jednoduše přizpůsobila vtokové vložce studeného vtoku nebo tzv. horkému kanálu. Popis spodní části FS ukazuje obr. 6-12.



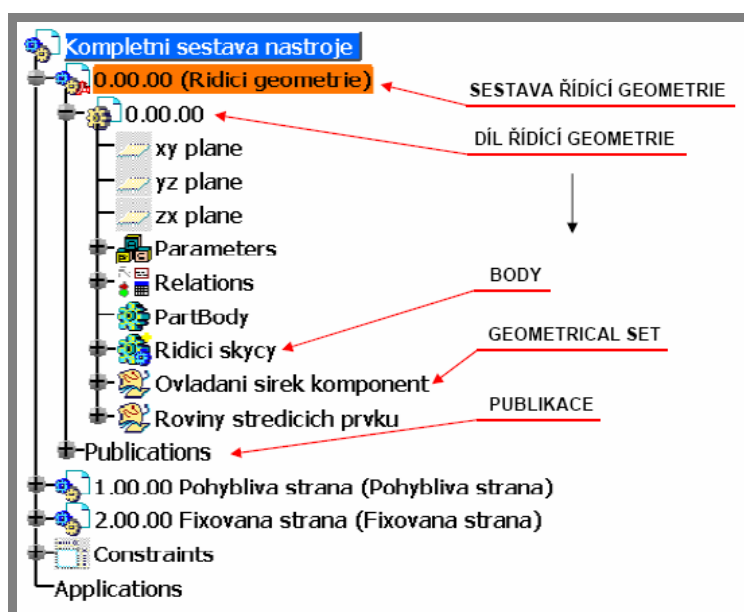
Obr. 6-12 Popis spodní části FS

### 6.1.3 Návrh systému řízení geometrie a polohy

Jedná se o systém, který bude provázaný s každou komponentou v sestavě nebo podsestavě parametrické šablony a bude určovat podle potřeby její tvar nebo polohu. Tímto způsobem se díly šablony budou ovládat pouze z jednoho místa.

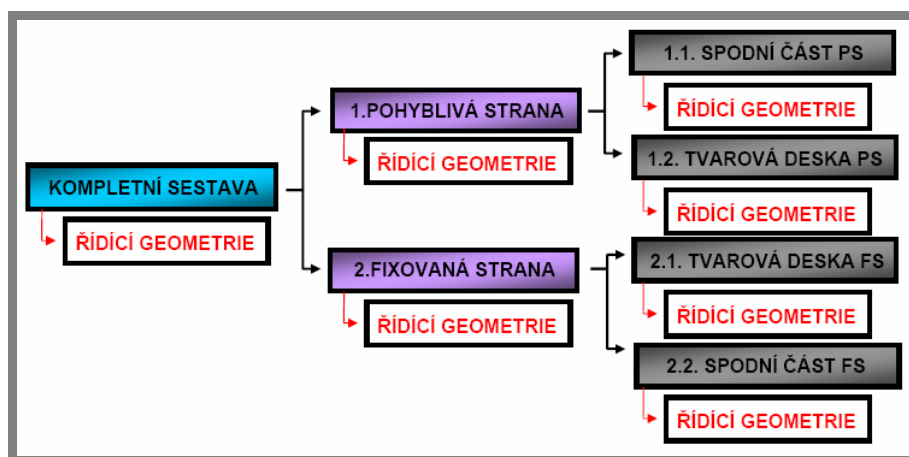
#### Implementace systému do sestavy šablony

Základní systém řízení je vytvořen pomocí sestavy (product), která obsahuje díl (part). Sestava je vložena jako podsestava do kompletní sestavy šablony a má název řídicí geometrie. V dílu (partu) je vytvořeno tzv. „body“, které obsahuje základní rozměrové a polohující skicáře. Dále obsahuje tzv. „geometrical set“, který obsahuje roviny pro řízení šířek jednotlivých dílů. Vysvětlení ovládacích skic a rovin ovládání šířek jednotlivých dílů bude následovat v dalších odstavcích. Na obr. 6-13 je znázorněn datový strom se sestavou řídicí geometrie. [17]



Obr. 6-13 Datový strom se sestavou řídicí geometrie

Sestava řídicí geometrie je dále načtena do všech podsestav kompletní sestavy šablony. Struktura je vidět na obr. 6-14.



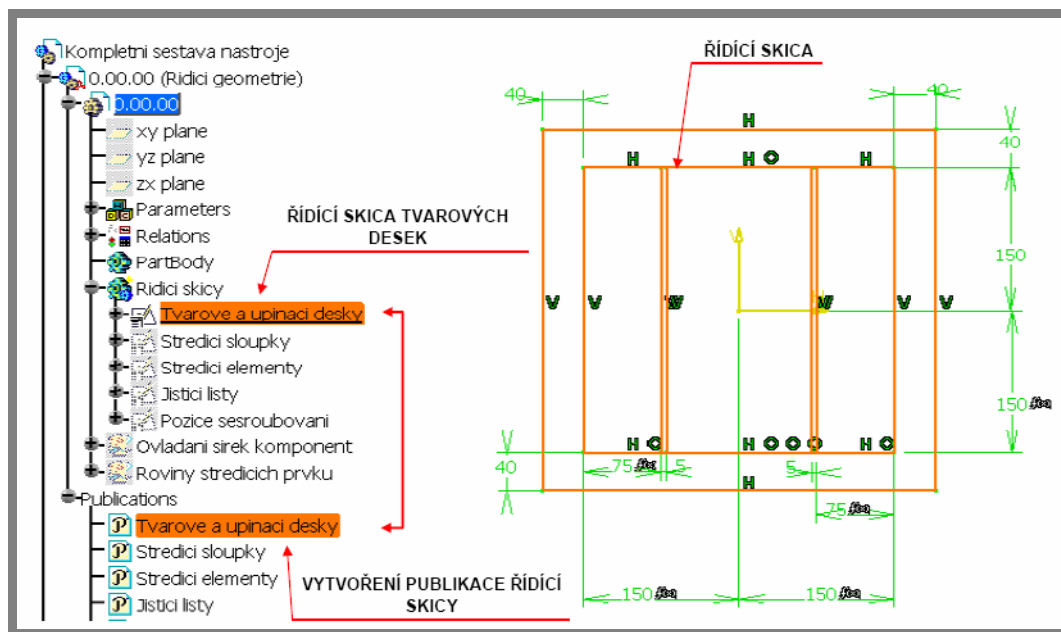
Obr. 6-14 Diagram rozložení sestavy řídicí geometrie.



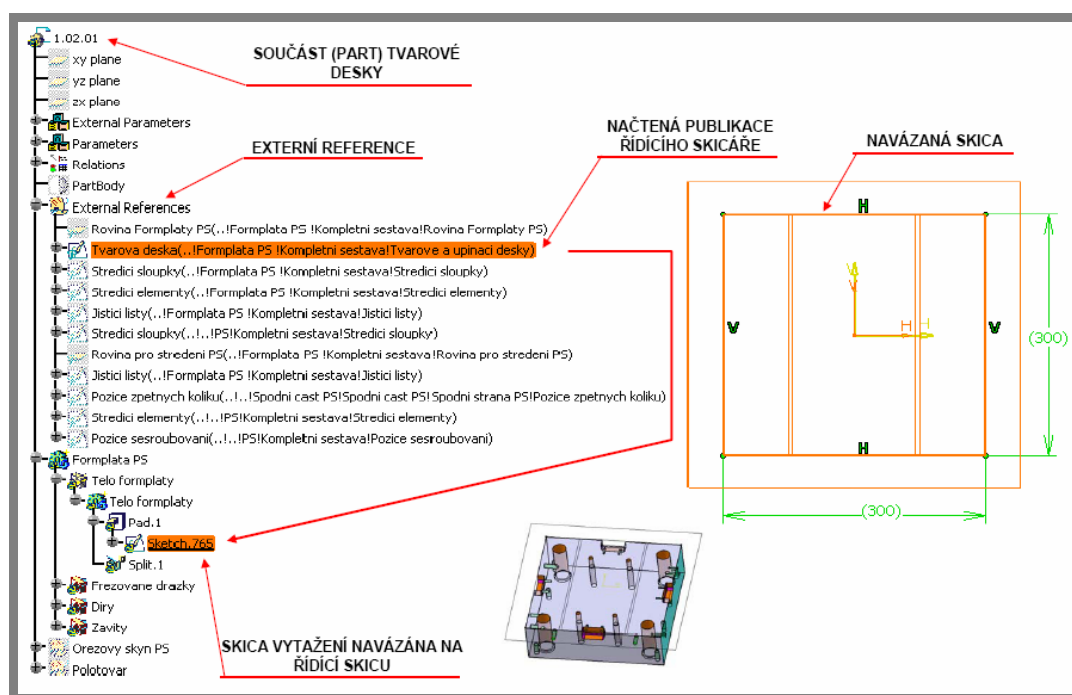
**Způsob navázání prvků sestavy řídicí geometrie na jednotlivé díly**

Po načtení sestavy řídicí geometrie do všech podsestav kompletní sestavy je zapotřebí zahájit navazování jednotlivých prvků řídicí geometrie na samotné díly podsestav. Způsob navázání bude demonstrován na jednom příkladu, jelikož tento úkon je u všech dílů stejný.

Jde o vytváření tzv. **publikací** jednotlivých řídicích prvků v Catii, které se následovně kopírují podle potřeby do jednotlivých dílů. Příklad bude vysvětlen na rozměru tvarových desek. Na obr. 6-15 je znázorněna řídicí skica a její vytvořená publikace. [17]



Obr. 6-15 Znáznornění řídicí skicy a její publikace

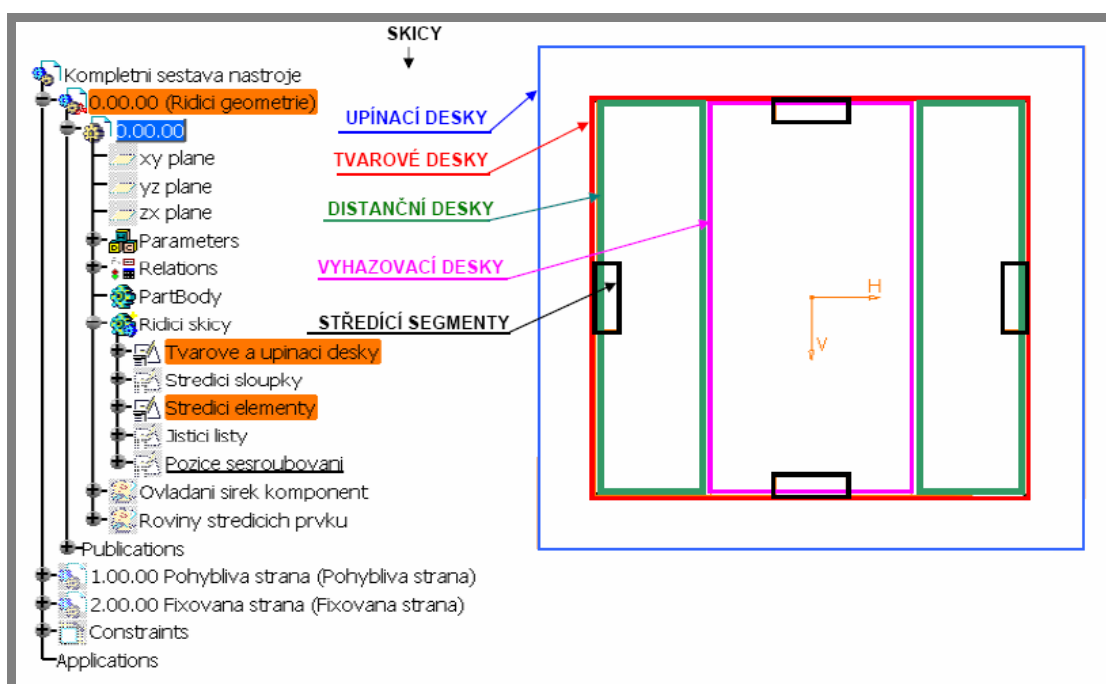


Obr. 6-16 Načtení a navázání publikace

Na obr. 6-16 je znázorněno načtení a navázání publikace řídicí skicy na skicu vytažení tvarové desky do prostoru. Všechny součásti, které jsou takto řízeny budou popsány v dalších odstavcích.

### Způsoby ovládání

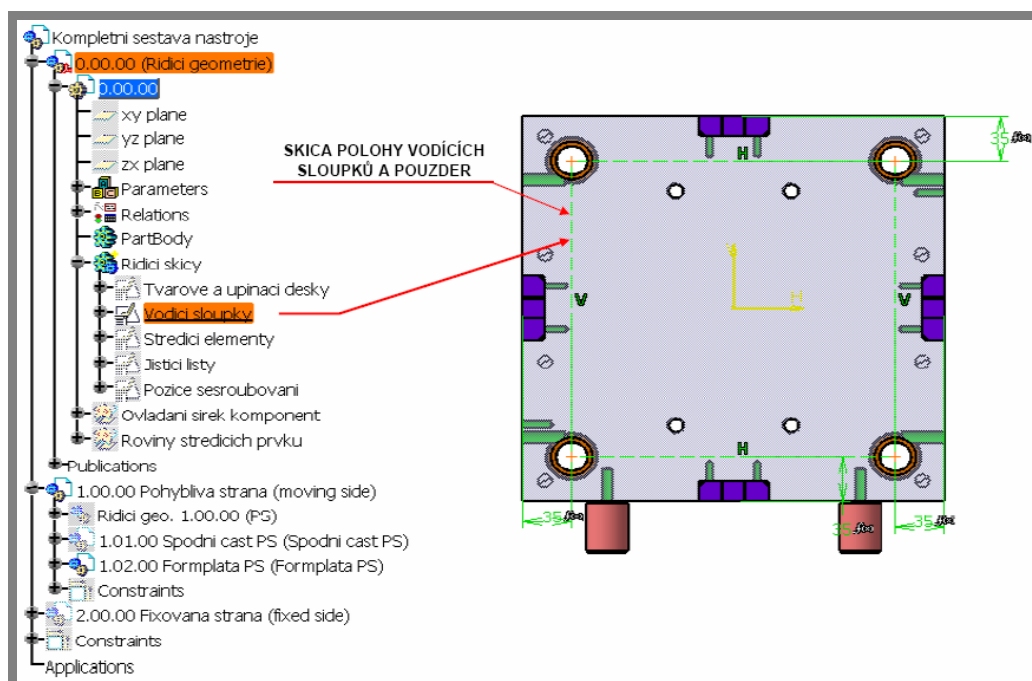
- **Ovládání půdorysů jednotlivých součástí** – tento postup je již vysvětlen v předchozím odstavci. Jde o navazování skic vytažení jednotlivých dílů na publikaci řídicí skicy. Uvedeným způsobem je ovládán půdorys obou tvarových desek, upínacích desek, vyhazovacích desek a distančních desek. Půdorysy frézovaných kapes pro středící segmenty jsou ovládány stejným způsobem. Na obr. 6-17 jsou znázorněny všechny řídicí půdorysné skicy. Výhodou je, že jedním skicářem se ovládají půdorysy všech základních desek.



Obr. 6-17 Všechny řídicí půdorysné skicy

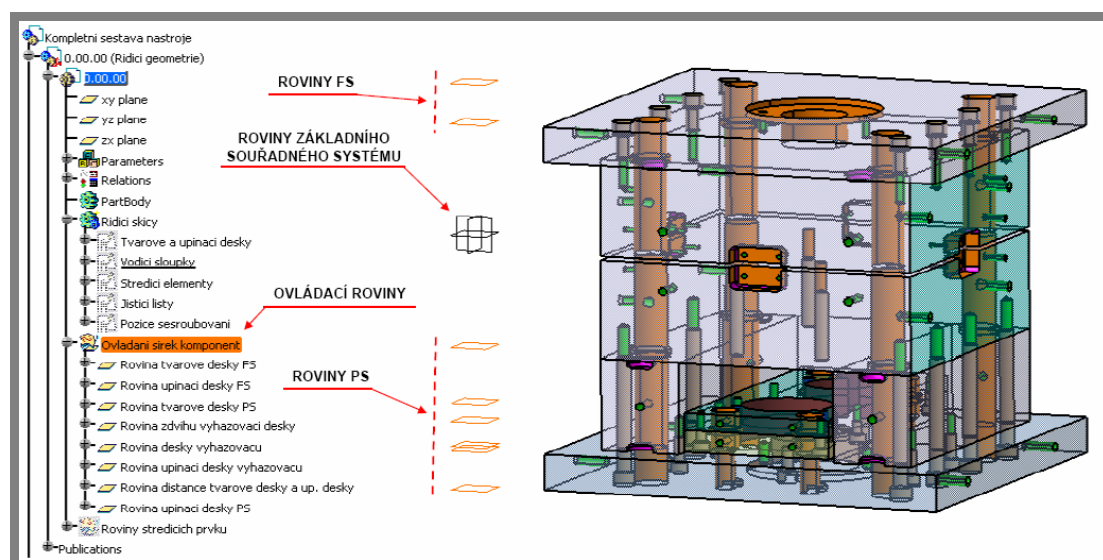
- **Ovládání poloh** – tento postup je podobný jako v předchozím případě. V uvedeném případě řídicí skicy obsahují místo půdorysů součástí, zakótované body. Tyto řídicí skicáře jsou přes publikace načteny do jednotlivých ovládaných součástí. Na body jsou navázány otvory vytvořené např. pro vodící pouzdra. Na obr. 6-18 je znázorněn příklad řídicího skicáře pro vodící pouzdra a sloupky. Zmíněným způsobem se ovládají polohy vodících pouzder a sloupků, polohy sešroubování jednotlivých dílů, polohy přenášecích lišt a polohy vyhazovačů nebo tvarových jader. Výhodou je, že se jedním skicářem ovládají polohy prvků v několika součástech.





Obr. 6-18 Příklad skicáře polohy

- **Ovládání šířek součástí** – zde jsou využity roviny, které jsou rovnoběžné s rovinami základního souřadného systému a jsou vzdáleny o daný rozměr. Roviny jsou dále publikovány jako skicáře v předešlých případech a načteny do daných součástí. Tímto způsobem se ovládají šířky všech základních desek v sestavě. Další výhodou je možnost nastavování zdvihu vyhazovacích desek. Znáznornění na obr. 6-19.



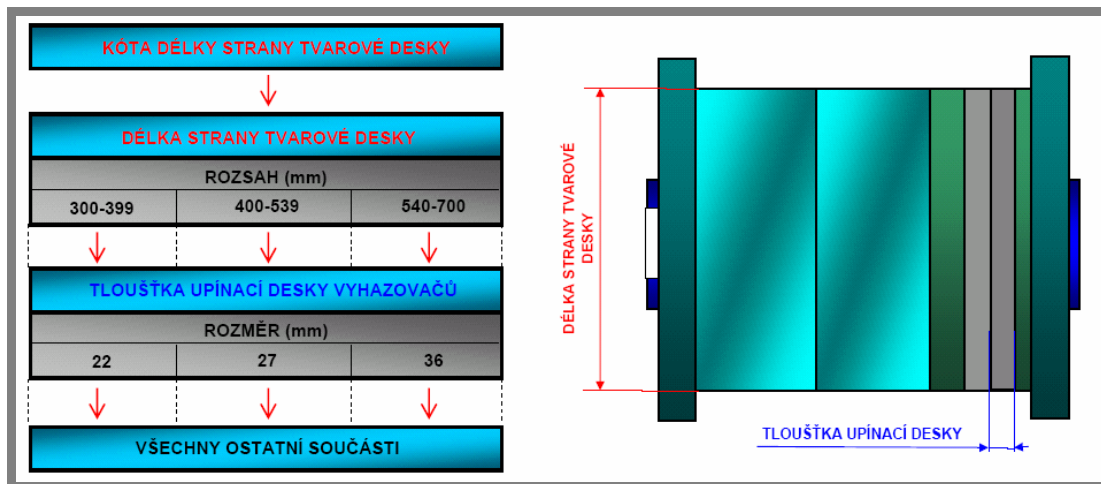
Obr. 6-19 Všechny řídicí roviny

## 6.1.4

**6.1.4 Návrh algoritmu přepočtu jednotlivých komponent**

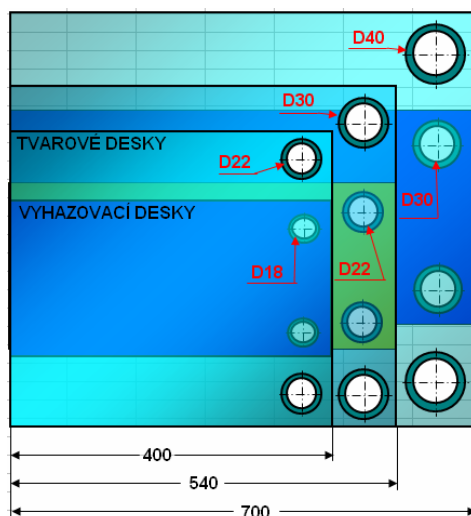
Následující kapitola se bude zabývat hlavním parametrem řízení **délkou strany tvarové desky** a jeho návazností na přepočet ostatních dílů sestavy.

Na obr 6-20. je znázorněn diagram závislosti parametru délky strany tvarové desky na přepočtu ostatních dílů sestavy. Algoritmus přepočtu jednotlivých součástí musí být navržen tak, aby vyráběné díly odpovídaly normalizovaným a korespondovaly se zástavbou firmy Hasco.



Obr. 6-20. Diagram závislosti délky strany tvarové desky

Zadáním diplomové práce bylo navrhnout parametrickou šablonu, která se bude přepočítávat v závislosti na délce strany tvarové desky od 300 do 700mm. Na obr. 6-20 jsou znázorněny základní závislosti a intervaly, při kterých se jednotlivé části přepočítávají. Celá šablona je ovládána kótou strany tvarové desky. Kóta strany tvarové desky určuje rozměrový interval, ve kterém se šablona nachází. Při změně intervalu délky strany tvarové desky se změní tloušťka upínací desky vyhazovačů. Parametr tloušťky vyhazovací desky je načten do všech dalších ovládaných součástí a určuje jejich rozměry. Změna intervalů funguje na principu porovnávací funkce. Tato funkce bude popsána v kapitole 6.1.7. Všechny součásti mají své parametry načtené z excelovaných tabulek. Každá součást má tři řádky parametrů z důvodů třech intervalů. Vše bude vysvětleno v dalších kapitolách. Na obr. 6-21 jsou znázorněny intervaly parametrizace.

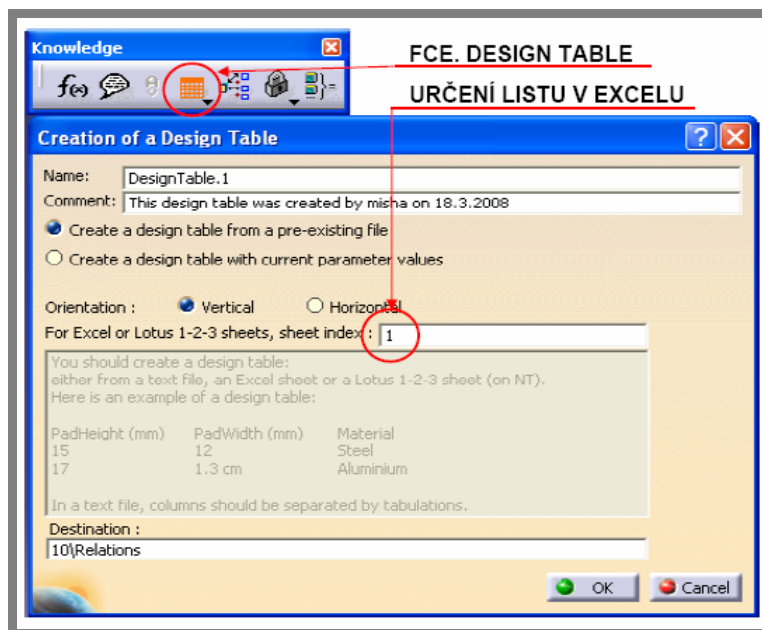


Obr. 6-21 Intervaly parametrizace

## 6.1.5

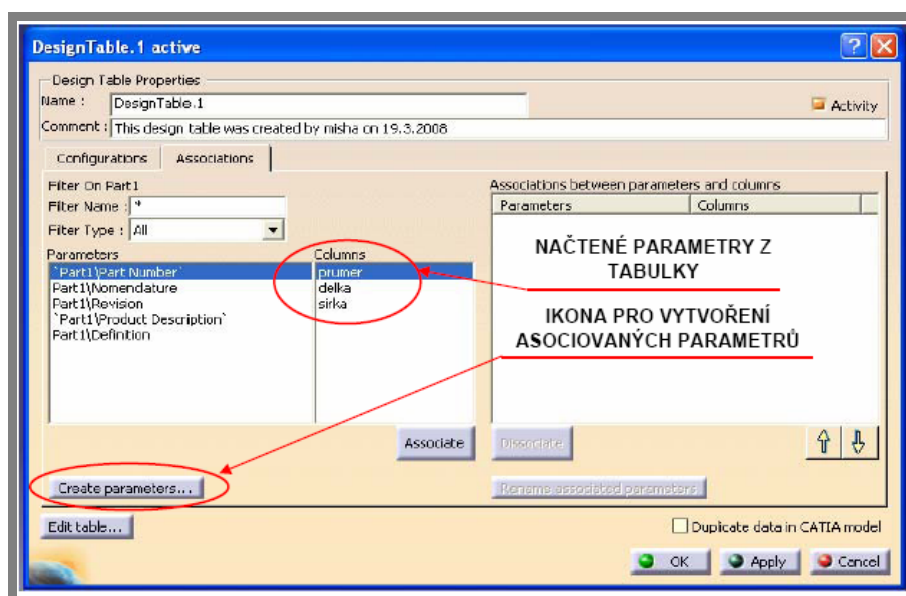
**6.1.5 Načítání dat z Excelu do Catia V5**

Systém jednotlivých parametrů komponent je založen na schopnosti programu CATIA V5 načíst údaje z tabulkového procesoru. V našem případě z tabulek vytvořených v Excelu. Pro načtení údajů z tabulky Excelu slouží v Catii funkce „Design table“. Tato funkce je zde detailně popsána, protože je to stěžejní funkce pro řízení parametrické šablony. Po aktivaci této funkce můžeme načíst jednotlivé listy tabulek z Excelu. Znázornění na obr. 6-22. [17]



Obr. 6-22 Načtení parametrů z Excelu

Po načtení excelovské tabulky se vytváří jednotlivé parametry, které jsou asociovány na rozměry v excelovské tabulce. Asociace jednotlivých parametrů je znázorněna na obrázku 6-23. Pro ukázkou je vytvořen příklad tabulky v Excelu se třemi rozměry, který je znázorněn na obr. 6-24.

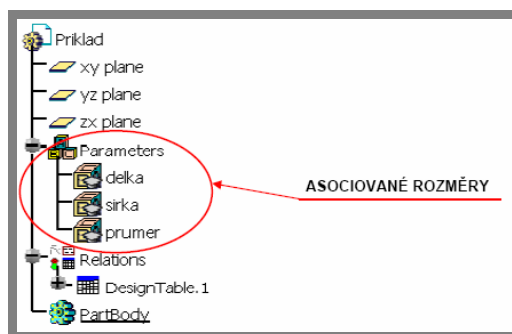


Obr. 6-23 Tabulka s načtenými parametry z Excelu

	A	B	C	D
1	prumer	delka	sirka	
2	10	20	30	
3				
4				
5				
6				
7				

Obr. 6-24 Příklad tabulky pro načtení parametrů

Na obr. 6-25 je znázorněn datový strom řízené součásti (partu). Strom obsahuje relace „design tables” a parametry, které jsou asociovány na rozměry načtené z Excelovské tabulky. Tyto parametry jsou dále navázány na kóty dané součásti.



Obr. 6-25 Asociované parametry součásti

### 6.1.6 Funkce podmínek pro přepočítávání mezi jednotlivými intervaly

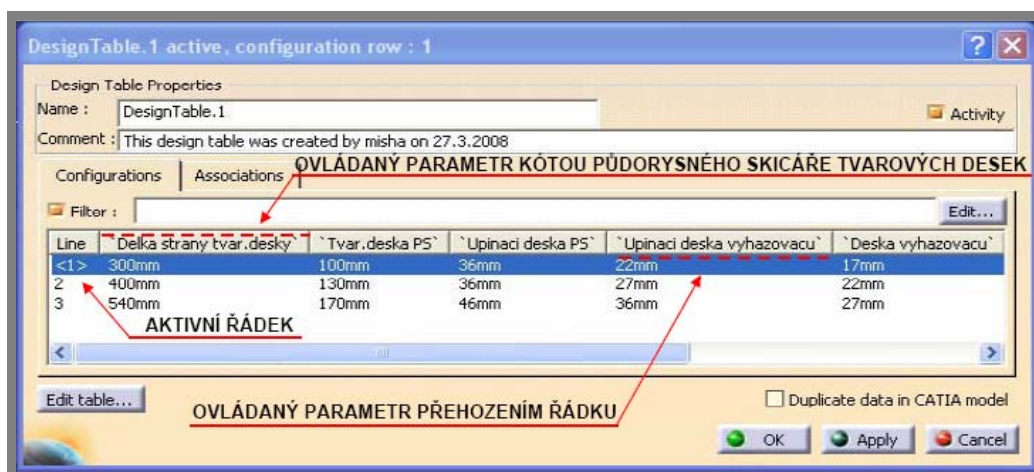
6.1.6

Tato funkce udává podmínky, při kterých se součásti šablony přepočítávají v závislosti na daném intervalu délky strany tvarové desky. Každá součást musí mít z Excelu načteny tři řádky jednotlivých parametrů z důvodu třech intervalů. Zde bude uveden příklad podmínek, při kterých se jednotlivé řádky načtené z Excelu budou přehazovat v závislosti na změně strany tvarové desky. Na obr. 6-26 je znázorněna tabulka s parametry tloušťek jednotlivých desek, ovládaných délkou strany tvarové desky obarvené červeně.

Delka strany tvar.desky (mm)	Tvar.deska PS (mm)	Upinaci deska PS (mm)	Upinaci deska vyhazovací (mm)	Deska vyhazovací (mm)	Tvar.deska FS (mm)	Upinaci deska FS (mm)	Poloha pouzdra (mm)
300	100	36	22	17	100	36	35
400	130	36	27	22	130	36	45
540	170	46	38	27	170	46	60

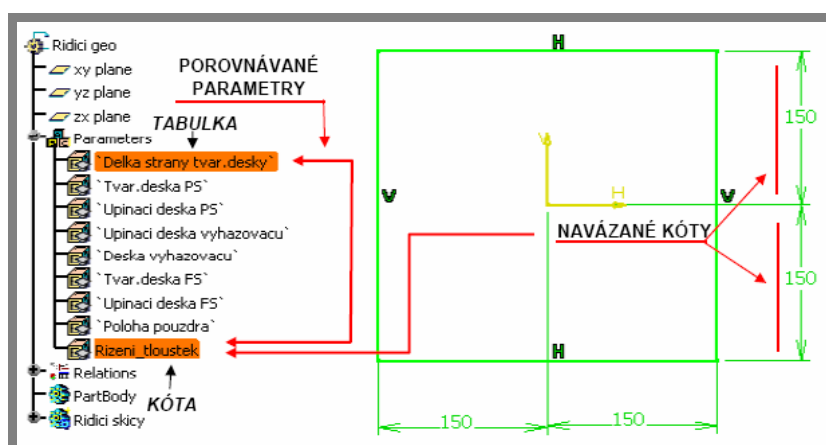
Obr. 6-26 Tabulka s rozměry tloušťek jednotlivých desek.

Po načtení této tabulky do Catie a následné asociaci jednotlivých parametrů vznikne tabulka, která je znázorněna na obr. 6-27. Ta obsahuje tři řádky, které se díky popisované funkci přehazují.

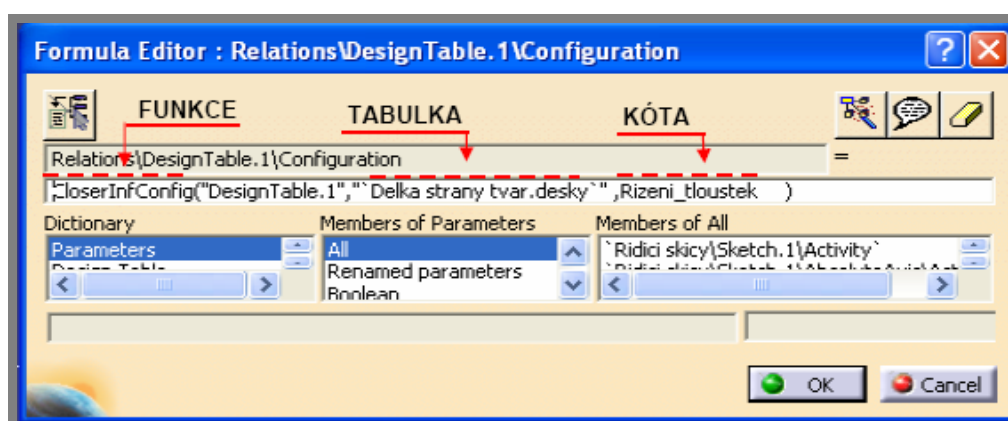


**Obr. 6-27** Tabulka načtených parametrů.

Funkce, která přehazuje řádky parametrů, funguje na principu porovnávání dvou parametrů. V tomto případě se porovnává délka strany tvarové desky načtená z Excelovské tabulky a kóta skicy. Znázorněno na obr. 6-28.



### Obr. 6-28 Porovnávané parametry



**Obr. 6-29** Tabulka s funkcí porovnávání dvou parametrů

Funkce zobrazená na obr. 6-29 porovná tyto dva parametry a pokud kóta je v intervalu od 300 až po 399 tak zachová aktivní řádek zobrazený na obr. 6-27. Pokud se kóta pohybuje v intervalu 400 až 539 přehodí funkce na druhý aktivní



řádek atd. Funkce hledá nejbližší vyšší číslo. Aktivní řádek obsahuje parametr s tloušťkou upínací desky vyhazovačů. Tento parametr za pomoci porovnávací funkce ovládá všechny ostatní součásti. [17]

### 6.1.7 Popis jednotlivých komponent

6.1.7

Tato kapitola popisuje způsob modelování a ovládání jednotlivých součástí. Budou zde uvedeny i jednotlivé Excelovské tabulky s příslušnými parametry načtenými do jednotlivých součástí.

#### Hlavní zástavba

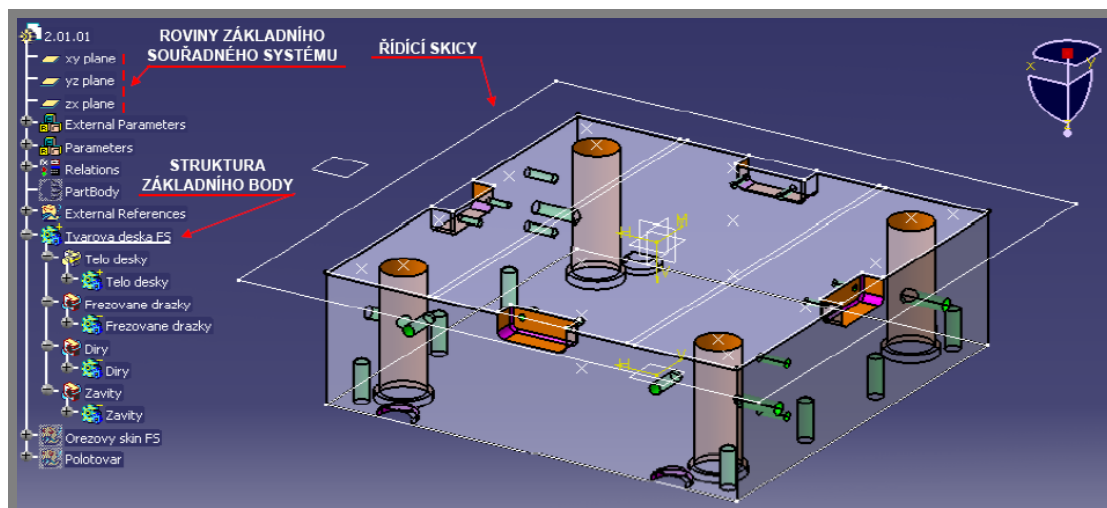
Pro hlavní zástavbu tzn. veškeré desky, které šablona obsahuje, byla vytvořena tabulka s tloušťkami jednotlivých desek obr. 6-30. Tloušťku distančních desek udává zdvih vyhazovacích desek. Zdvih se nastavuje přímo v Catii.

Delka strany tvar.desky (mm)	Tvar.deska PS (mm)	Upínací deska PS (mm)	Upínací deska vyhazovací (mm)	Deska vyhazovací (mm)	Tvar.deska FS (mm)	Upínací deska FS (mm)	Poloha pouzdra (mm)
300	100	36	22	17	100	36	35
400	130	36	27	22	130	36	45
540	170	46	36	27	170	46	60

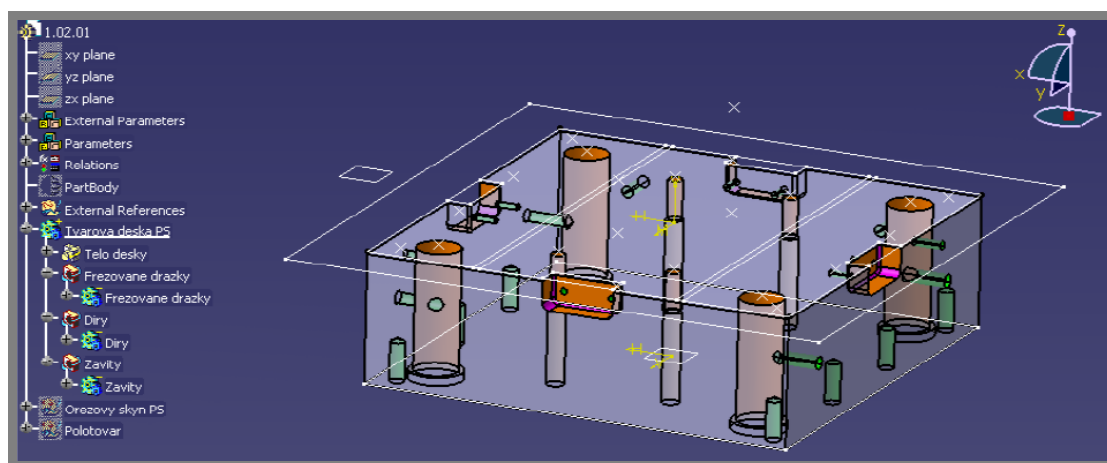
  

Obr.6-30 Tabulka s tloušťkami jednotlivých desek

- **Tvarové desky** – tvarová deska PS i FS jsou vytvořeny tažením skicy navázané na řídicí půdorysnou skicu do souřadnice osy z. Deska PS je do -z souřadnice a FS je do +z. Tloušťky desek udává parametr načtený z Excelu, který řídí distanci mezi řídicími rovinami. Půdorysný rozměr udává konstruktér podle velikosti a členitosti výlisku. Pokud konstruktér bude chtít tloušťky desek změnit tak jednoduše „urve funkci řízení“ a manuálně si nastaví tloušťku. Desky dále obsahují otvory pro vodící pouzdra a sloupky. Ovládán je pouze jeden otvor a přes příkaz pole jsou nakopírovány do pozic. Hodnoty závitů na sešroubování a pro přenášení jsou také načteny z excelovských tabulek. Polohy jsou zajištěny již popsáním způsobem ovládáním polohy. Na obr. 6-31 a 6-32 jsou znázorněny vymodelované tvarové desky se zobrazením řídicích skic a rovin. Principiálně jsou tyto dvě desky stejné. Na obr. 6-33 je znázorněna tabulka s přenášecími závity pro tvarové desky. Tyto závity jsou stejné i v upínacích deskách.



Obr. 6-31 Model tvarové desky FS.



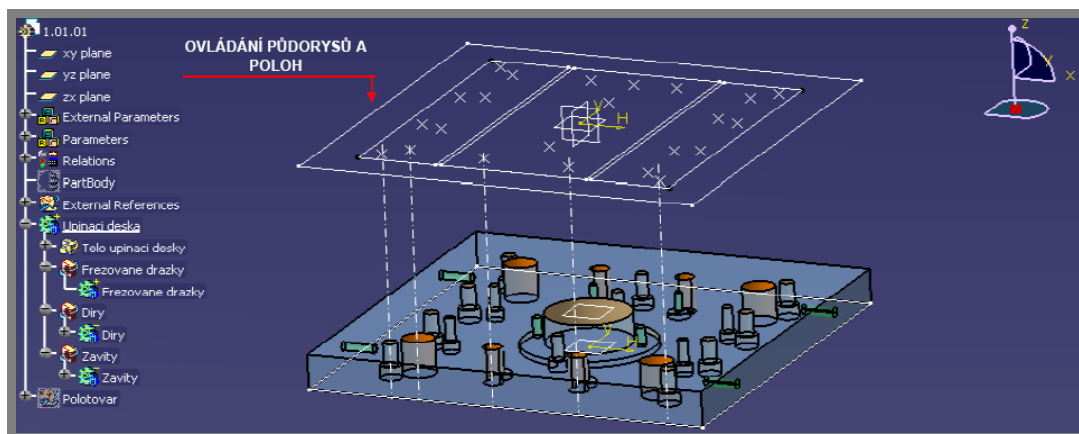
Obr. 6-32 Model tvarové desky PS.

"Tloušťka vyhazovací desky" (mm)	Přenašecí závity tvar.desky	Poloha závitu (mm)
22	M12	200
27	M16	300
38	M20	400

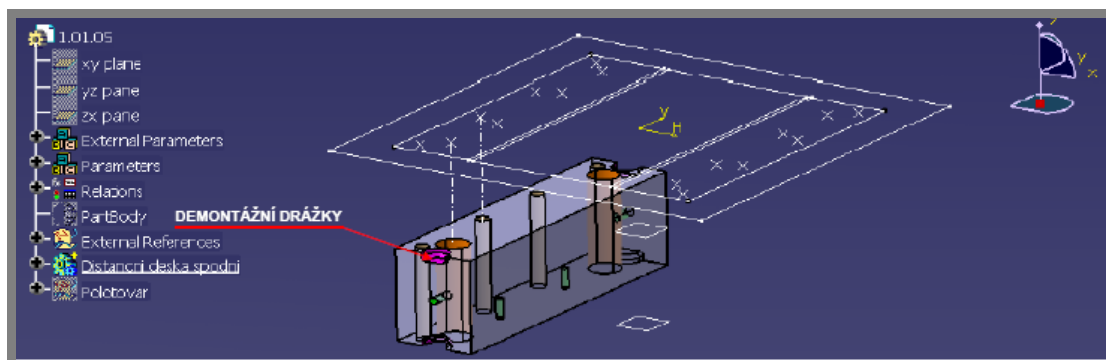
Obr. 6-33 Přenašecí závity tvarových desek

- **Upínací desky** – jsou vytvořeny stejně jako tvarové desky vytažením skicy do prostoru obr. 6-34. Tloušťku ovládají roviny. Při speciálním požadavku konstruktéra si tloušťku desek může manuálně nastavit podle potřeby. Veškeré otvory, drážky a závity jsou ovládány načtením parametrů z excelovských tabulek. Deska FS je principiálně stejná.



Obr. 6-34 Upínací deska PS

- **Distanční desky** – jsou vytvořeny vytažením půdorysné skicy do prostoru o hodnotu, kterou udává zdvih vyhazovacích desek. Obě distanční desky jsou zrcadlově symetrické. Na obr. 6-35 je znázornění distanční desky s jejím základním ovládáním. Na distančních deskách jsou vytvořeny demontážní drážky, které se nepřepočítávají. Na obr. 6-36 je znázorněna tabulka s přenášecími závity načtená do desek. Rozměry závitů, které slouží pro montáž k upínacím deskám, jsou načteny z tabulky pro vyhazovací desky, která bude uvedena dále na obrázku.



Obr. 6-35 Distanční deska

"Tloušťka vyhazovací desky" (mm)	Přenášecí závity distanční desky
22	M10
27	M12
36	M16

Přenášecí závit	

Obr. 6-36 Přenášecí závity distančních desek



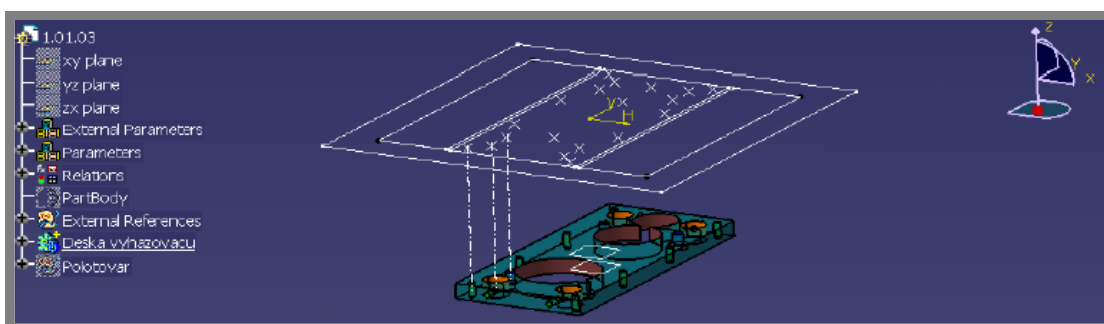
Tloušťka vyhadzovací desky (mm)	Diry pro tvar. desky průměr (mm)	Průměr zahloubení (mm)	Delka zahloubení (mm)	Zavit	Poloha der vuci tvar. desce (mm)
22	13	20	13	M12	18
27	16	24	15	M16	20
36	22	33	21,5	M20	25

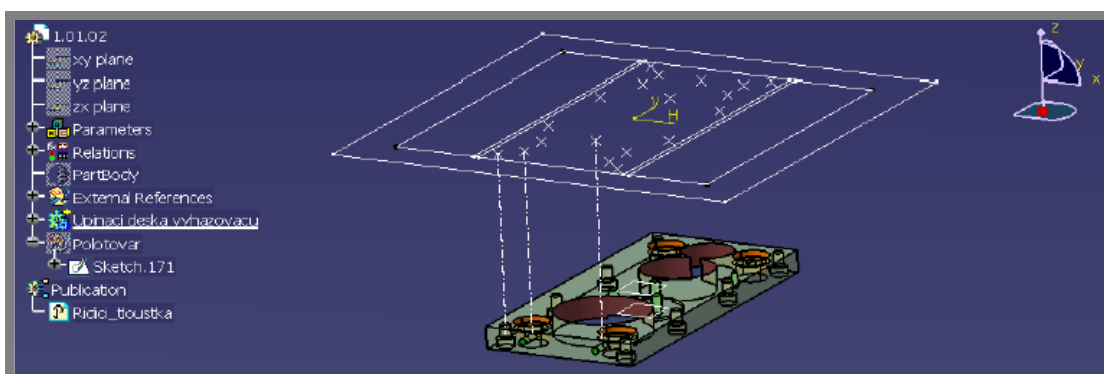
Obr. 6-37 Tabulka s hodnotami děr pro sešroubování formy

Tabulka, která je znázorněna na obr. 6-37 je načtena ve všech součástech, které se spolu sešroubovávají hlavními šrouby. Obsahuje hodnoty závitů a děr pro šrouby. Jedná se o tvarové desky, upínací desky a distanční desky.

- **Vyhazovací desky** – jsou vytvořeny stejným způsobem jako všechny předchozí popisované desky. Obsahují otvory pro distanční válce a otvory pro zpětné kolíky, které při závadě na zasouvání vyhadzovačů vrátí vyhadzovací desky do zasunuté polohy. Vyhazovací desky jsou na obrázcích 6-38 a 6-39. Na obr. 6-40 je znázornění tabulky s hodnotami přenášecích závitů desek, závitů a děr pro sešroubování desek.



Obr. 6-38 Deska vyhadzovačů



Obr. 6-39 Upínací deska vyhadzovačů

Tloušťka vyřazovací desky* (mm)	Diry pro vyřazovací desky* (mm)	Prumer zahloubení* (mm)	Delka zahloubení* (mm)	Zavit	Poloha der vuci tvar.desce* (mm)	Prenaseci zavit
22	9	15	9	M8	12	M8
27	10,5	18	11	M10	15	M10
36	13	20	13	M12	20	M12

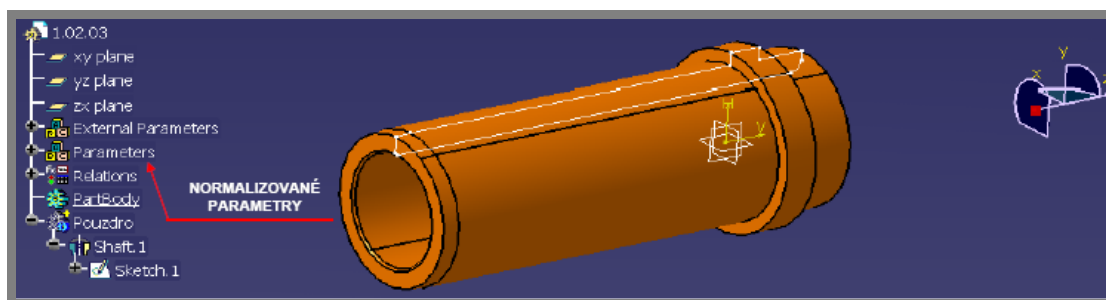
  

Obr. 6-40 Přenosci závity a závity pro sešroubování vyřazovacích desek

### Jednotlivé dílčí součásti

Veškeré rozměry děr, frézovaných drážek a jejich polohy, které jsou vytvořeny pro montáž následně popisovaných součástí v hlavní zástavbě, jsou načteny a asociovány z excelovských tabulek těchto součástí. Tyto součásti nemají společný souřadný systém, ale svůj vlastní.

- **Hlavní vodící pouzdro** – je vytvořeno rotací skicy znázorněné na obr. 6-41. Načtené řídicí parametry jsou z tabulky na obr. 6-42. Model obsahuje seznam normalizovaných délek pouzdra. Tato délka se určí při konečné konstrukci tvarové desky. [14]



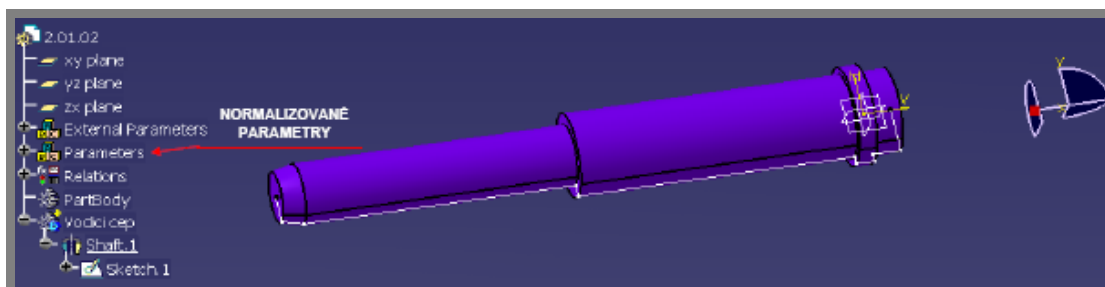
Obr. 6-41 Hlavní vodící pouzdro.

Tloušťka vyřazovací desky* (mm)	Prumer diry (mm)	Prumer pres vrch (mm)	Prumer osazeni* (mm)	Celkova delka* (mm)	Delka osazeni* (mm)	Poloha osazeni* (mm)	OZNACENI	Poloha pouzdra* (mm)
22	22	30	35	85	6	15	SOSG 22076	35
27	30	42	47	125	6	15	SOSG 30056	45
36	40	54	60	168	10	22	SOSG 40086	60

Obr. 6-42 Načtené parametry hlavního pouzdra

- **Hlavní vodící sloupek** – je vytvořen rotací skicy znázorněné na obr. 6-43. Řídící parametry jsou na obr. 6-44. Model obsahuje normalizované délky. [13]

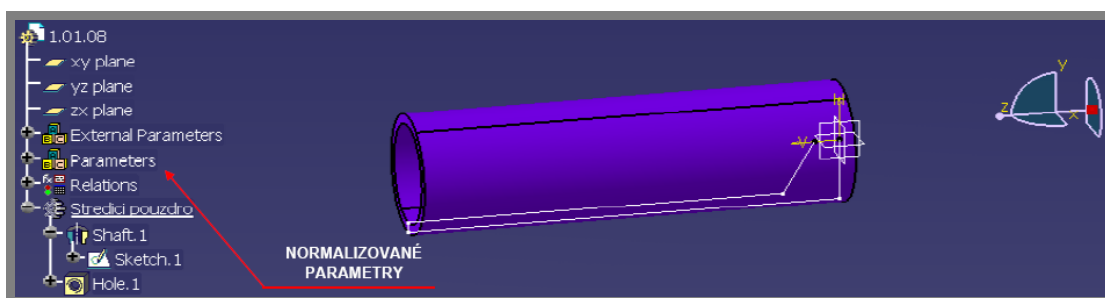


Obr. 6-43 Hlavní vodící sloupek

"Tloušťka vyřazovací desky" (mm)	Průměr cevu* (mm)	Průměr osazení (mm)	Průměr nakružku* (mm)	Délka cevu* (mm)	Délka osazení s nakružkem* (mm)	Délka nakružku* (mm)	Délka konce cevu* (mm)
22	22	30	35	96	96	6	9
27	30	42	47	115	115	6	9
36	40	54	60	135	135	10	12

Obr. 6-44 Načtené parametry hlavního vodícího sloupku

- **Středící pouzdro** – je vytvořeno rotací skicy znázorněné na obr. 6-45. Řídící parametry jsou na obr. 6-46. Model obsahuje normalizované délky. [13]

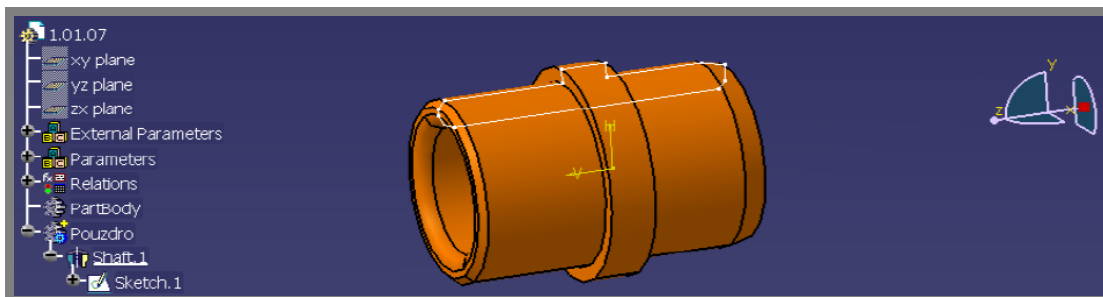


Obr. 6-45 Středící pouzdro

"Tloušťka vyřazovací desky" (mm)	Průměr přes vrch* (mm)	Průměr díry* (mm)	Celková délka* (mm)	OZNACENÍ
22	30	25	100	N05 D30
27	42	33	120	N05 D42
36	54	43	120	N05 D54

Obr. 6-46 Načtené parametry středícího pouzdra

- **Vodící pouzdro vyhazovacích desek** – je vytvořeno rotací skicy znázorněné na obr. 6-47. Načtené řídicí parametry jsou z tabulky na obr. 6-48. [14]



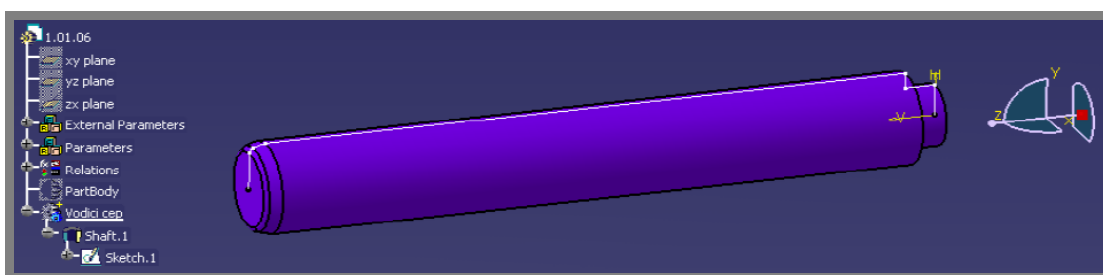
Obr. 6-47 Vodící pouzdro vyhazovacích desek

"Tloušťka vyhazovací desky" (mm)	Průměr díry* (mm)	Průměr přes vrch* (mm)	Průměr osazení* (mm)	Celková délka* (mm)	Délka osazení* (mm)	Poloha osazení* (mm)	TYP	Pozice v deskách* (mm)
22	18	26	30	39	6	15	SOVM 18022	29
27	22	30	34	49	6	21	SOVM 22027	36
36	30	42	46	63	6	30	SOVM 30036	45

Obr. 6-48 Načtené parametry pouzdra vyhazovacích desek

- **Vodící sloupek vyhazovacích desek** - je vytvořen rotací skicy znázorněné na obr. 6-49. Řídicí parametry jsou na obr. 6-50. Délka sloupku se nastavuje automaticky podle nastavení zdvihu vyhazovacích desek.



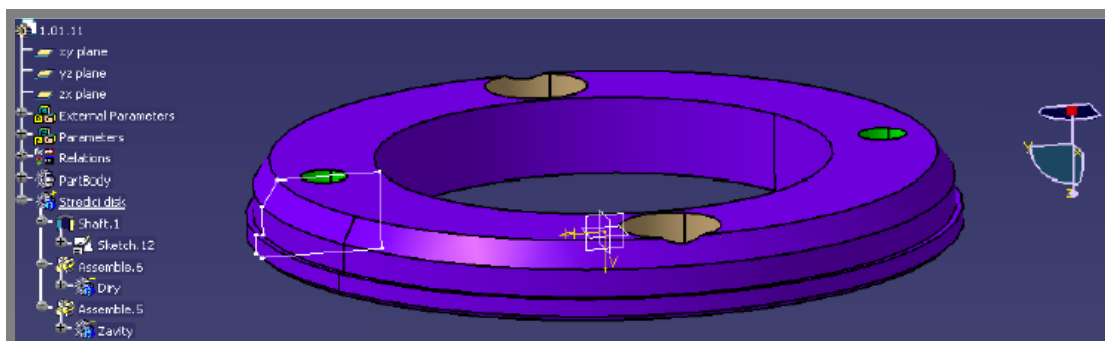
Obr. 6-49 Sloupek vyhazovacích desek

"Tloušťka vyhazovací desky" (mm)	Průměr sloupku* (mm)	Průměr osazení* (mm)	Délka srazené hrany* (mm)	Pozice šroubu* (mm)
22	18	12	3	15,5
27	22	15	3	17
36	30	20	6	20

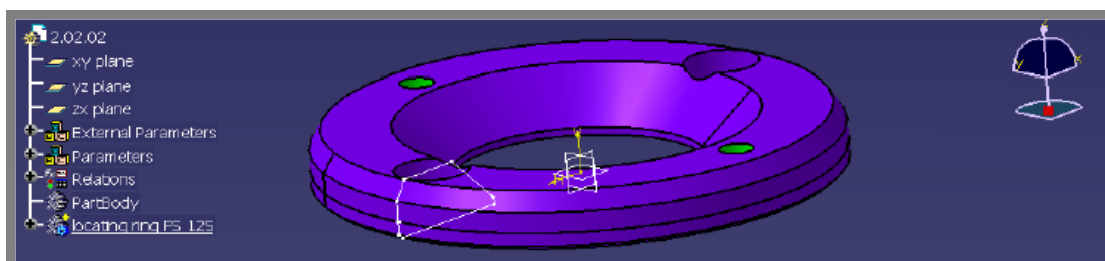
  

Obr. 6-50 Načtené parametry sloupku vyhazovacích desek

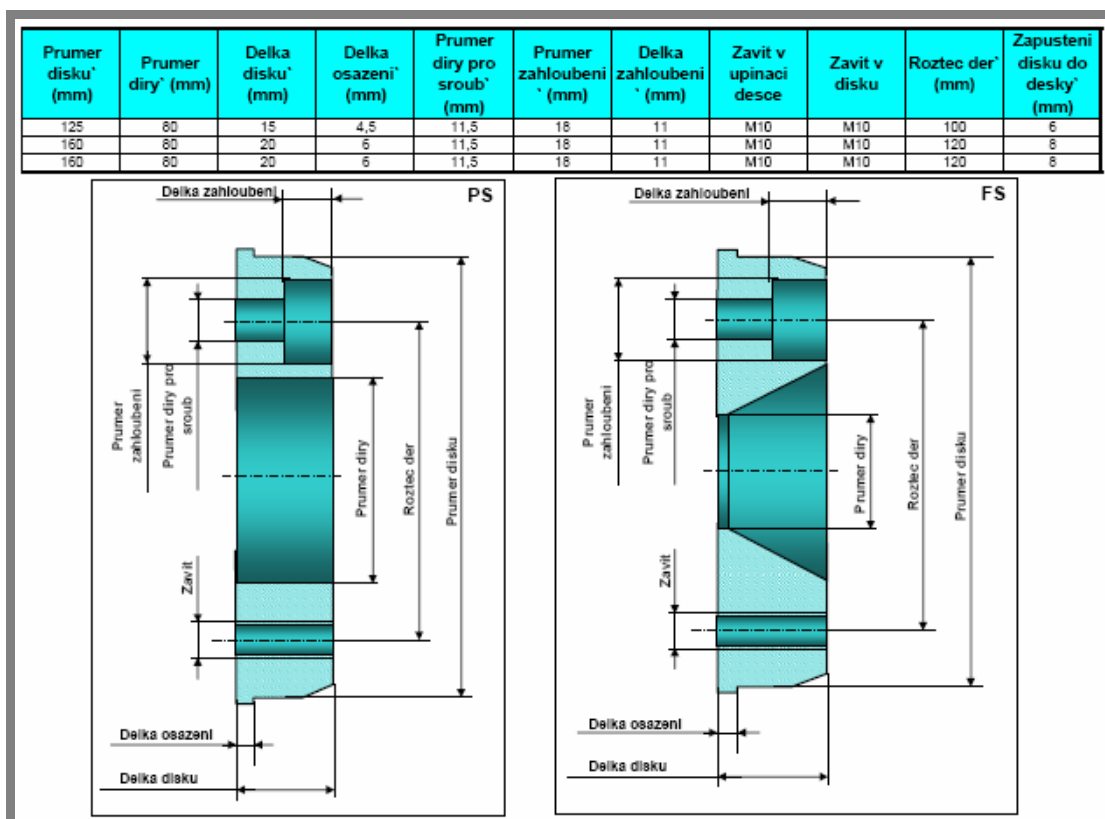
- **Středící disk PS a FS** - jsou vytvořeny rotací skicy znázorněné na obr. 6-51 a 6-52. Řídicí parametry jsou na obr. 6-53. Rozměry středících disků jsou pro druhý a třetí interval parametrizace stejné.



Obr. 6-51 Středící disk PS

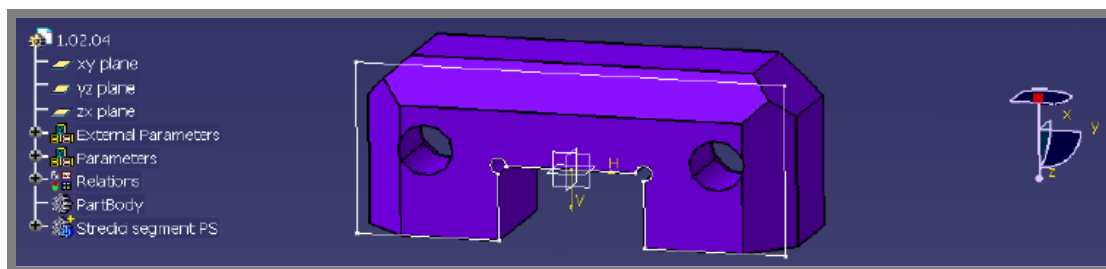


Obr. 6-52 Středící disk FS

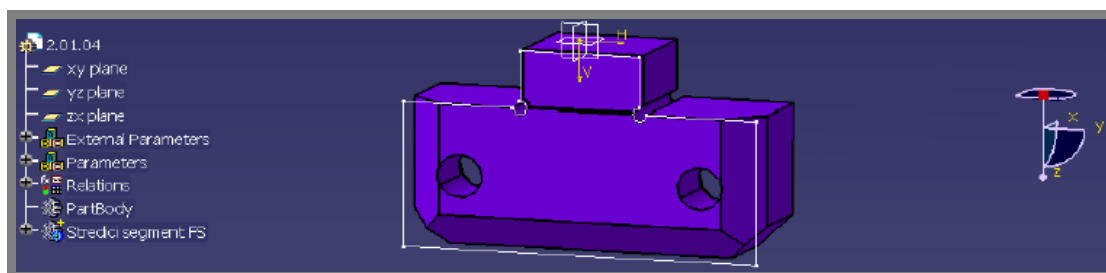


Obr. 6-53 Načtené parametry středících disků

- **Středící segmenty PS a FS** - jsou vytvořeny vytažením skicy znázorněné na obr. 6-54 a 6-55. Řídící parametry jsou na obr. 6-56. [13]



Obr. 6-54 Středící segment PS



Obr. 6-55 Středící segment FS

'Tloušťka vyřezovací desky' (mm)	Delka segmentu' (mm)	Vyska segmentu' (mm)	Sírka segmentu' (mm)	Delka zamku' (mm)	Vyska zamku' (mm)	Roztec der' (mm)	Polooha der vůči nule' (mm)	Prumer dírý pro sroub' (mm)	Prumer zahloubení' (mm)	Delka zahloubení' (mm)	Sroub
22	50	21,5	16	17	9,5	34	10,5	6,4	11	6,8	M6
27	75	36	19	25	15	50	18	10,5	18	11	M10
36	100	45	19	35	21	70	23	10,5	18	11	M10

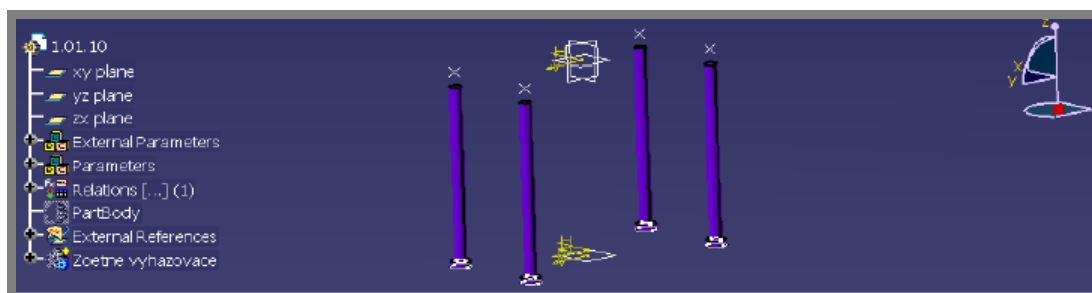
  

**PS**

**FS**


Obr. 6-56 Načtené parametry středících segmentů

- **Zpětné kolíky** - jsou vytvořeny vytažením skicy znázorněné na obr. 6-57. Řídící parametry jsou na obr. 6-58. Mají společný souřadný systém se základním. Délku konstruktér nastavuje po návrhu tvarových desek.



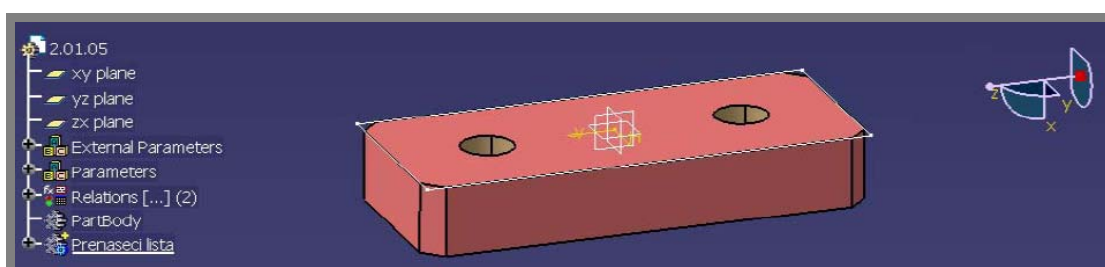
Obr. 6-57 Zpětné kolíky

"Tloušťka vyhazovací desky" (mm)	Prumer koliku (mm)	Prumer osazení (mm)	Delka osazení (mm)
22	10	16	5
27	16	22	7
36	20	26	8



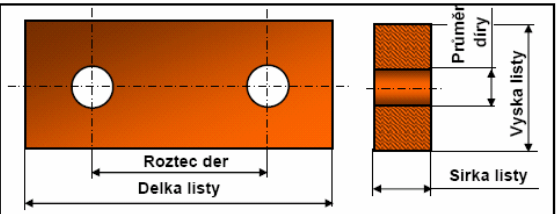
Obr. 6-58 Načtené parametry zpětných kolíků

- **Přenašecí lišty** - jsou vytvořeny vytažením skicy znázorněné na obr. 6-59. Řídící parametry jsou na obr. 6-60



Obr. 6-59 Přenašecí lišty

"Tloušťka vyhazovací desky" (mm)	Delka listy (mm)	Vyska listy (mm)	Sirka listy (mm)	Roztec der (mm)	Prumer der (mm)	Zavit	Poloha der (mm)	Poloha list (mm)
22	70	30	12	40	8,4	M8	11	60
27	100	40	15	60	14	M12	18	80
36	140	50	20	90	18	M16	22	100



Obr. 6-60 Načtené parametry přenašecích lišt

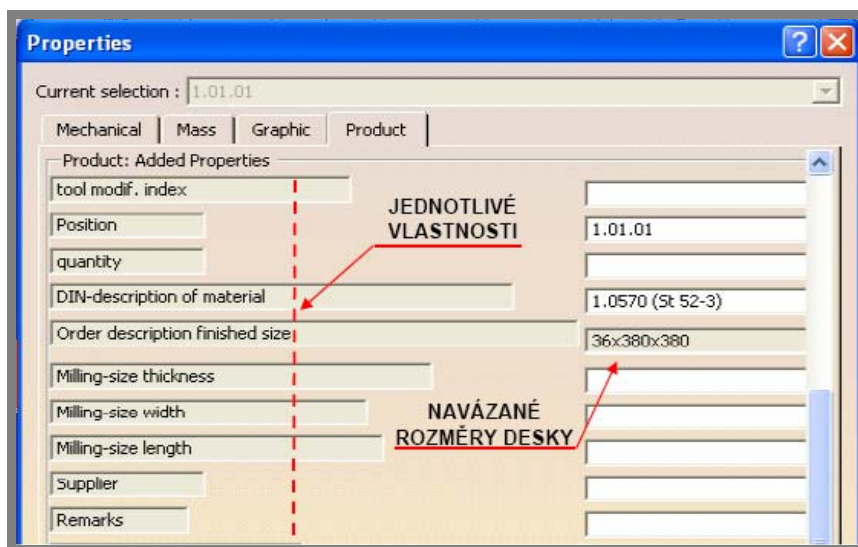
## 6.1.8

**6.1.8 Automatické přepisování rozměrů ve vlastnostech součástí**

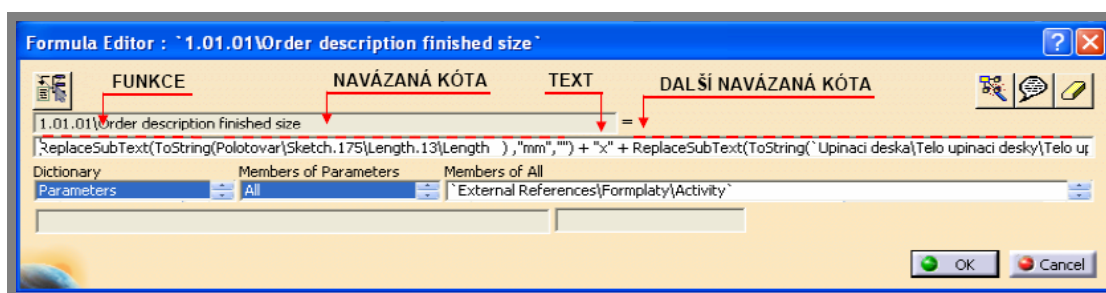
Po dokončení konstrukce je konstruktér povinen vyplnit kusovník. Parametrická šablona obsahuje systém funkcí, který je schopen automaticky přepisovat rozměry jednotlivých součástí při jejich změně. Po dokončení konstrukce jsou tedy veškeré rozměry součástí nebo normy normovaných součástí již vyplněny ve vlastnostech. Firma Mürdter Dvořák vlastní makro v programu MS Word, které dále načte vlastnosti součástí z Catie a uzpůsobí jednotlivé údaje do oficiálních tabulek kusovníku. K zápisu do vlastností součástí slouží funkce, která přečte buď rozměr kóty, nebo určitý text. Veškeré desky sestavy obsahují hlavní skicu pro vytažení a vedlejší skicu pro zobrazování tloušťky desky. Skicy obsahují kóty, které jsou přes danou funkci navázány na tabulku vlastností součástí. Příklad bude uveden na upínací desce PS. Normalizované součásti mají normu načtenou jako text. Na obr. 6-



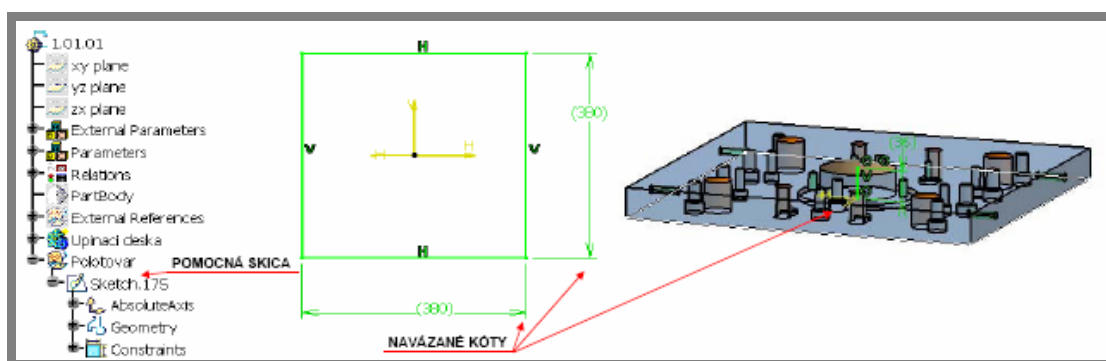
61 je znázorněna tabulka s vlastnostmi součástí a s navázanými rozměry. Na obr. 6-62 je tabulka s funkcí načtených kót a obr. 6-63 je znázornění načtených kót. [17]



**Obr. 6-61** Tabulka s vlastnostmi součástí



**Obr. 6-62** Tabulka s funkcí navázaných kót

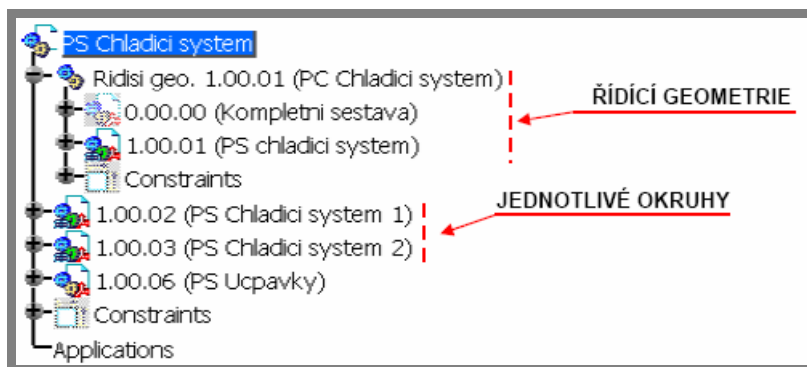


**Obr. 6-63** Zobrazení navázaných kót

### 6.1.9 Vytvoření systému chlazení

Systém chlazení je vytvořená sestava, která je vložena do sestavy tvarové desky PS i FS. Sestava obsahuje „party” řídicí geometrie a „party” jednotlivých chladících okruhů. Řídicí geometrie je vytvořena způsobem ovládání polohy. Výhodou je, že veškeré chladicí otvory se polohují pouze v jednom skicáři. Vytvořené chlazení se následně přes booleanské operace odečte od tvarové desky. Na obr. 6-64 je znázorněný datový strom sestavy chladicího systému. [18]





Obr. 6-64 Sestava chladicího systému

## 6.2

**6.2 Návrh webového portálu jako knihovny normalizovaných dílů**

Pro usnadnění práce konstruktéra byl realizován návrh systému, ze kterého konstruktér během konstrukce formy bude čerpat normalizované součásti. Součásti bude vkládat přímo do sestavy formy. Tento systém zároveň obsahuje návody pro implementaci různých normalizovaných a typizovaných dílů. Systém je vytvořen tak, aby byl jednoduše rozšiřitelný. Komponenty, které nyní obsahuje, jsou použity v zadané formě pro ověření. Normálie, u kterých se mění některý z rozměrů, se automaticky zapisují do vlastností součástí.

## 6.2.1

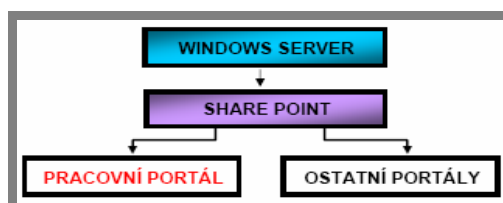
**6.2.1 Výběr nejvhodnějšího nástroje pro vytvoření webu**

Nejvhodnějším nástrojem pro vytvoření webového portálu pro firmu Mürdter Dvořák je služba Windows SharePoint. Hlavním důvodem je jeho nynější využití jako například pro intranet, různé úkolovníky, pro inventuru výpočetní techniky a také pro webovou stránku firmy. Je to nástroj pro vytváření webu umožňující sdílení informací a spolupráci na dokumentech, který napomáhá ke zvýšení produktivity týmu i jednotlivců.

## 6.2.2

**6.2.2 Vytvoření webu**

Z důvodu již používaného programu SharePoint ve firmě bylo nutné vytvořit pouze nový samostatný portál pro zvolený účel. Na žádost byl vytvořen a zpřístupněn IT pracovníky firmy Mürdter Dvořák. Důležité bylo také vytvořit databázi normalizovaných a typizovaných dílů použitých v zadané formě. Postupem času se obsah databáze bude rozšiřovat a zdokonalovat. Pro jednoduchou orientaci na webu byly vytvořeny roletové menu doprovázeny obrázky daných součástí. Na obr. 6-65 je diagram struktury webu. [16]



Obr. 6-65 Struktura webu

## 6.2.3

**6.2.3 Popis funkce webu**

Pracovní portál obsahuje určité konstrukční skupiny. Tyto skupiny budou popsány v kapitole 6.2.4. Každá skupina má přidělenou svoji knihovnu dokumentů, která obsahuje hypertextové odkazy ve formě textu a obrázků, které reagují na přidělenou

cestu (link). Hypertextové odkazy jsou přiděleny textům, které mají formu roletového menu. Na obr. 6-66 je znázorněn seznam knihoven všech konstrukčních skupin. Dále jsou zde knihovny s databází obrázků a součástí.



Obr. 6-66 Knihovny dokumentů

Nyní bude uveden příklad načtení imbusového šroubu do Catie. Na obr. 6-67 je znázorněn imbusový šroub s obrázkem a s tabulkou rozměrů. Je zde i textový seznam s hypertextovými odkazy a s výběrem rozměrů šroubů, které mají nastavenou cestu k dané součásti v databázi ve formátu „CATpart”. Po kliknutí na text s daným hypertextovým odkazem se součást otevře v Catii.

**DIN 912**

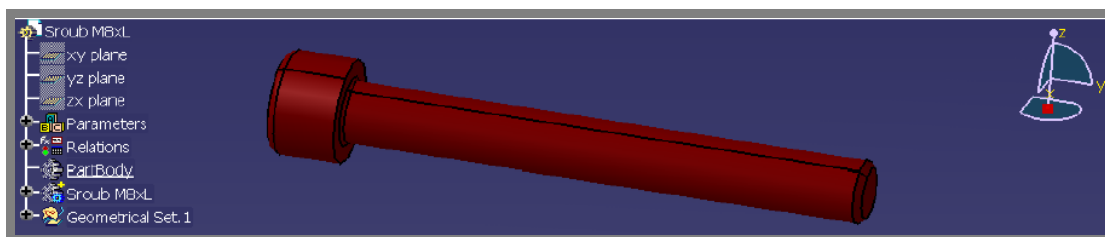
Domovská stránka  
 ◊ Všeobecně konstrukční prvky  
   ▪ Šrouby  
     ▪ Šroub M4  
     ▪ Šroub M5  
     ▪ Šroub M6  
     ▪ Šroub M8  
     ▪ Šroub M10  
     ▪ Šroub M12  
     ▪ Šroub M16  
     ▪ Šroub M20  
     ▪ Šroub M24  
     ▪ Šroub M30  
     ▪ Šroub M36  
     ▪ Šroub M42

HYPERTEXTOVÉ ODKAZY DANÝCH ROZMĚRŮ ŠROUBU

závít	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
D1	8	10	11	15	18	20	26	33	40	48	57
d1	4,5	5,5	6,6	9	11	13	18	22	26	33	38
k	4,6	5,7	6,8	9	11	13	17,5	21,5	25,5	32	38
lz	20	22	24	28	32	36	44	52	60	72	84
d2	3,3	4,2	5,0	6,7	8,4	10,2	14,0	17,4	20,9	26,4	31,8
L	Viz. 3D model										
hmotnost	110 kg	168	233	433	688	1300	2457	3857	5557	8885	13010

Obr. 6-67 Znáznornění výběru imbusového šroubu na webu

Po otevření součásti v Catii se tato součást uloží pod číslem pozice do adresáře sestavy a následně se vloží do samotné sestavy na určené místo. Součást se zavazbí. Otevřený imbusový šroub v Catii, po kliknutí na hypertextový odkaz, je znázorněný na obr. 6-68.

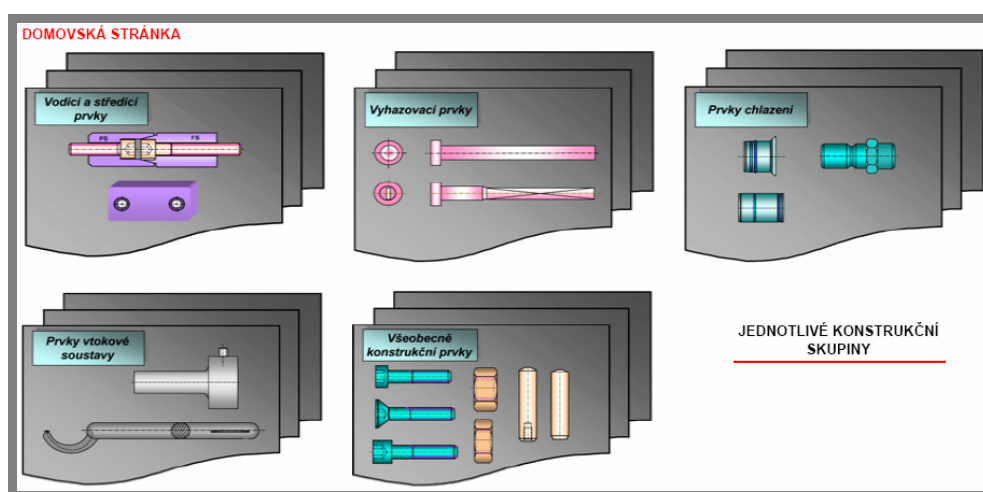


Obr. 6-68 Otevřená součást po kliknutí na hypertextový odkaz

## 6.2.4

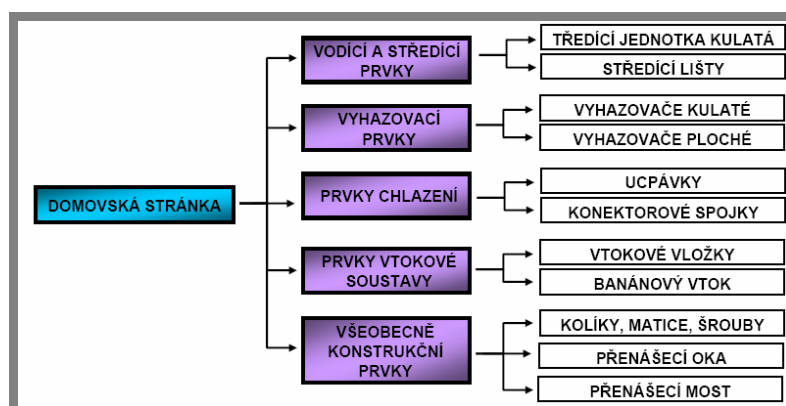
**6.2.4 Struktura webu**

Hlavním rozdělením webu je rozdělení do konstrukčních skupin. Každá konstrukční skupina obsahuje prvky, které se týkají dané problematiky. Na obr. 6-69 je znázorněna domovská stránka webu, která obsahuje obrázky s příslušnými hypertextovými odkazy. Obrázky znázorňují základní zobrazení prvků.



Obr. 6-69 Domovská stránka webu s konstrukčními skupinami

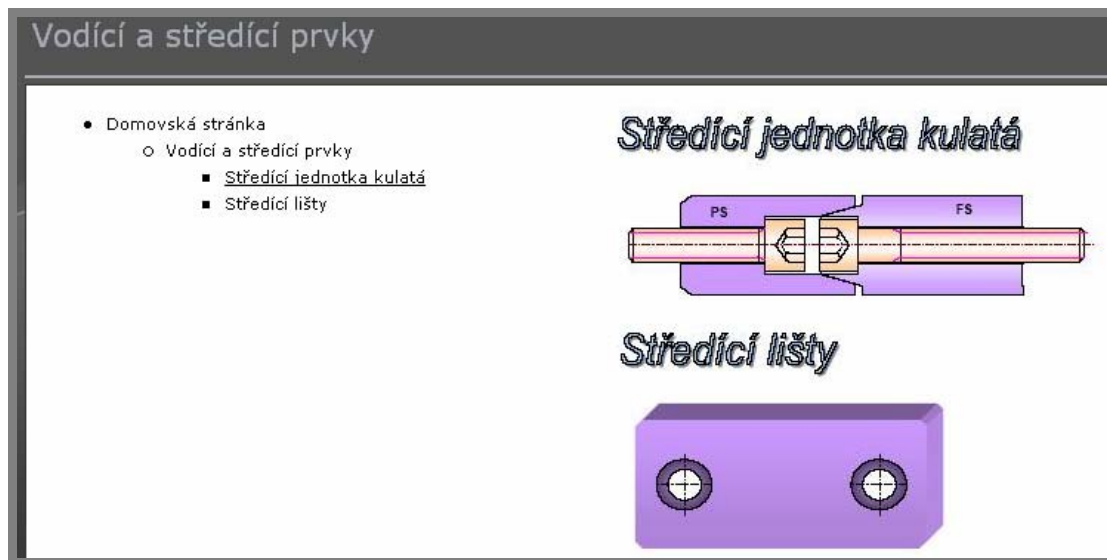
Na obr. 6-70 je znázorněn diagram složení webového portálu. Všechny prvky, které web obsahuje, jsou využity v zadané zkušební formě pro ověření celého systému. Web je přizpůsoben tak, aby se dal jednoduše rozšiřovat.



Obr. 6-70 Diagram struktury webového pracovního portálu

**Vodící a středící prvky**

Tato konstrukční skupina obsahuje prvky, které středí formu po jejím dovření v lisu. Tyto prvky jsou schopny zachytit veškeré síly, které působí od tlaku plastu na stěny dutiny formy. Na obr. 6-71 je znázornění obsahu této konstrukční skupiny. [13]



Obr. 6-71 Obsah konstrukční skupiny vodící a středící prvky

**Vyhazovací prvky**

Tato skupina obsahuje ploché a kulaté vyhazovače. Vyhazovač, který je otevřený v Catii obsahuje parametr s normalizovanými délkami. Vyhazovače dále obsahují odečtová tělesa děr, která se jednoduše přes booleanské operace odečtou do desky vyhazovačů a tvarové desky. Obsah této konstrukční skupiny je vidět na obr. 6-72.



Obr. 6-72 Obsah konstrukční skupiny vyhazovacích prvků

**Prvky chlazení**

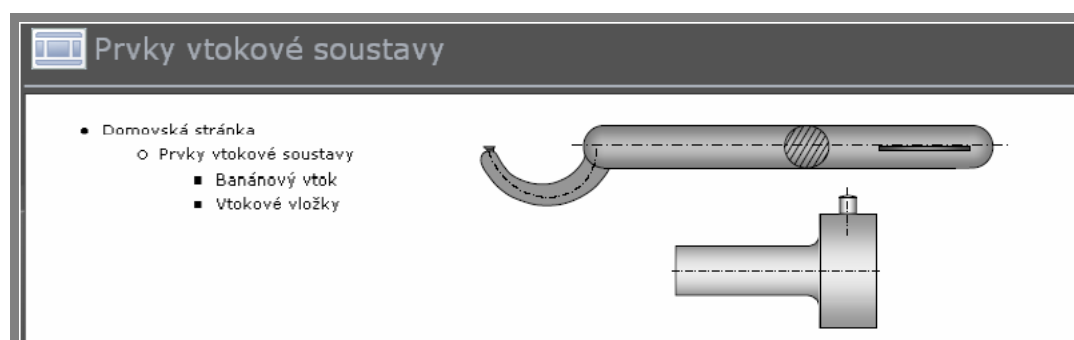
Do této skupiny jsou zařazeny prvky chladících okruhů. Jedná se o ucpávky, které slouží k ucpání vyvrtaných děr chlazení a tím udání směru protékané kapaliny. Konstruktor zde má podrobné náčrtky se správnou aplikací těchto ucpávek. Dále jsou zde konektorové spojky Wema, které slouží pro připojení hadic s chladicí kapalinou. Tato skupina se bude dále rozšiřovat o různé rozměry spojek a chladících žebířů pro udání směru kapaliny. Na obr. 6-73 je znázorněn obsah této skupiny. [15]



Obr. 6-73 Obsah konstrukční skupiny prvků chlazení

**Prvky vtokové soustavy**

Tato skupina obsahuje model banánového vtoku, kterého je velmi často využito. Model se vloží do dílu tvarové desky formy, napolohuje se a přes booleanské operace odečte. Dále jsou zde vtokové vložky Sankyo pro studený kulevitý vtok. Na obr. 6-74 je znázorněn obsah této skupiny.



Obr. 6-74 Obsah konstrukční skupiny prvků vtokové soustavy

**Všeobecné konstrukční prvky**

Tato skupina obsahuje základní normalizované konstrukční prvky jako jsou šrouby, matice, kolíky, přenášeči oka atd. Databáze obsahuje veškeré rozměry těchto prvků, kterých může být využito.

## 6.2.5

**6.2.5 Záloha databáze**

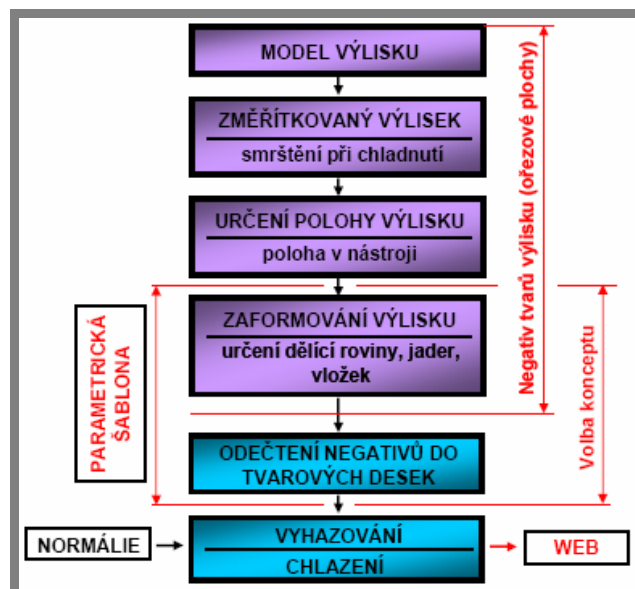
SharePoint funguje prostřednictvím virtuálního serveru Windows 2003 v prostředí VM Ware. Virtuální server je zálohován jednou za měsíc. SQL databáze SharePointu pracuje na odděleném databázovém serveru Windows 2003 a záloha databáze z posledních dvou dnů je dostupná na diskovém poli. Následně jsou k dispozici týdenní a měsíční zálohy databáze uložené na externím datovém mediu v bankovním trezoru.

## 6.3

**6.3 Aplikace navrženého systému na konstrukci zadané formy**

Cílem této kapitoly je popsat aplikaci systému na zadané formě a tím ověřit jeho funkčnost. Forma, která je zde zkonstruována, je nástrojem pro výrobu výlisku krytu zásuvky. Výlisek je tvarově i konstrukčně podobný s výliskem, na který již byla zkonstruována forma starým způsobem. Tímto se dá velice snadno porovnat časová

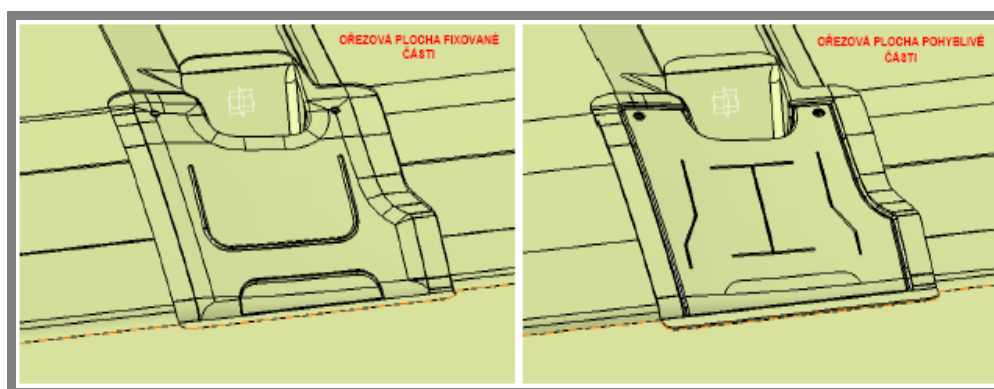
náročnost starého a nového způsobu. Konstrukce forem na plast je proces, který je velice rozsáhlý a složený z několika komplexních kroků. Nejčastějším postupem při tvorbě formy je znázorněn na obr. 6-75. Postupy konstrukce se mohou lišit v závislosti na zvyklostech různých firem.



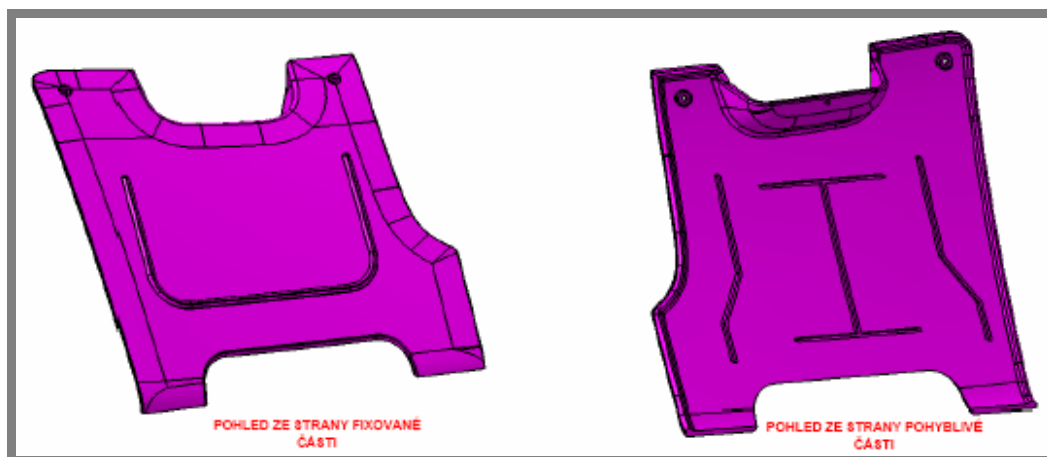
Obr. 6-75 Nejčastější postup konstrukce formy

### 6.3.1 Určení polohy výlisku a zaformování

Polohu výlisku ve formě udává více faktorů. Nejzákladnější z nich je směr odformování tzn., jak se výlisek bude vytahovat z formy. Dalšími vlivy mohou být počty výlisků na jeden zdvih formy, místa nástřiku, tvar vtoků apod. Je možné, že polohu výlisku ve formě si určí sám zákazník z důvodu další manipulace s výliskem po vytažení z formy. Zákazník má již předem promyšleno, že výlisek bude například vyjímán z formy manipulátorem. Konstrukteur většinou obdrží výlisek polohovaný v souřadnicích sestavy, kde je zabudován. Po určení polohy v nástroji a hlavního směru vytahování se vytvoří dělicí rovina. Parametry smrštění a analýza odformování zde nebude uvedena, jelikož to není předmětem této práce. Dělicí rovina se skládá ze dvou ploch, které obsahují tvar negativu výlisku. Těmito plochami se oříznou tvarové desky. Tyto plochy jsou znázorněny na obr. 6-76. Na obr. 6-77 je znázorněn výlisek. [18]



Obr. 6-76 Plochy dělicí roviny



Obr. 6-77 Model výlisku

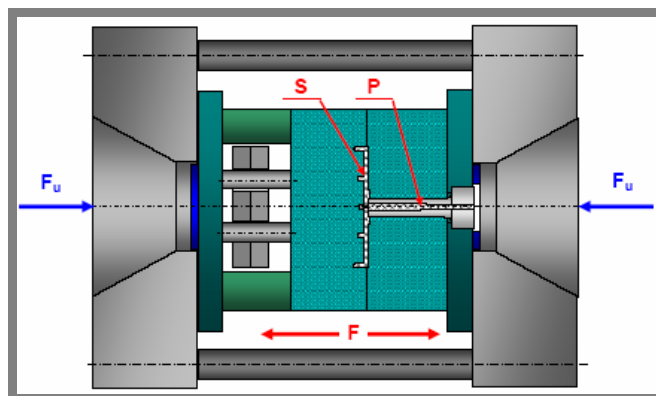
## 6.3.2

**6.3.2 Základní výpočty pro návrh formy**

Výpočty jsou potřebné pro návrh lisovacího stroje a pro správnou funkci formy. Většina parametrů, které jsou použity, jsou čerpány ze zkušeností a zvyklostí firmy. Odvzdušnění je aplikováno přes dělicí rovinu, není zde potřeba výpočtů pro dimenzování odvzdušňovacích drážek. Žebra ze spodu výlisku jsou odvzdušněna přes vyhazovače. Chlazení je vytvořeno v souladu s vnitropodnikovými předpisy.

**Stanovení lisovacího stroje**

Velikost síly, která je potřebná k uzavření formy při lisování, je závislá na lisovaném materiálu a celkovém uspořádání výlisku ve formě. Podle této síly se dimenzuje stroj, na kterém se daný výlisk bude lisovat. Na obr. 6-78 je znázornění silových poměrů při vstřikování do dutiny formy. [2]



Obr. 6-78 Základní silové poměry na formě při plnění

Otevírací síla

$$F = \frac{P \cdot S}{100} = \frac{50 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,029 \text{ mm}^2}{100} = 1450 \text{ kN}$$

kde:

$F$  [N] otevírací síla

$P$  [Pa] tlak tekutého plastu působící na stěny formy, hodnota pro daný výlisk [18]

$S$  [mm<sup>2</sup>] plocha výlisku naprojektována do roviny XY



Uzavírací síla

$$F_U = k_U \cdot F = 1,1 \cdot 1450 \text{ kN} = 1595 \text{ kN}$$

kde:

$F_U$  [N] uzavírací síla

$F$  [N] otevírací síla

$k_U$  bezpečnostní faktor uzavírací síly

Bezpečnostní faktor se volí podle použití šíbrů. Jestliže jsou použity tak  $k_U = 1,25$ , pokud ne  $k_U = 1,1$ . Hodnota uzavírací síly stroje se volí vždy nejbližší vyšší.

K uzavření formy je potřeba 1595 kN síla. Byl zvolen lisovací stroj ES 200, který má uzavírací sílu  $F_U = 2000$  kN.

### **Kontrola dosedacích ploch formy na otlačení**

Tlak dosedacích ploch

$$P_{PL} = \frac{F_U}{S_{PL}} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ N}}{28 \cdot 10^3 \text{ mm}^2} = 71,4 \text{ MPa} \leq P_D \rightarrow P_D = 90 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

kde:

$P_{PL}$  [MPa] tlak dosedacích ploch

$F_U$  [N] uzavírací síla

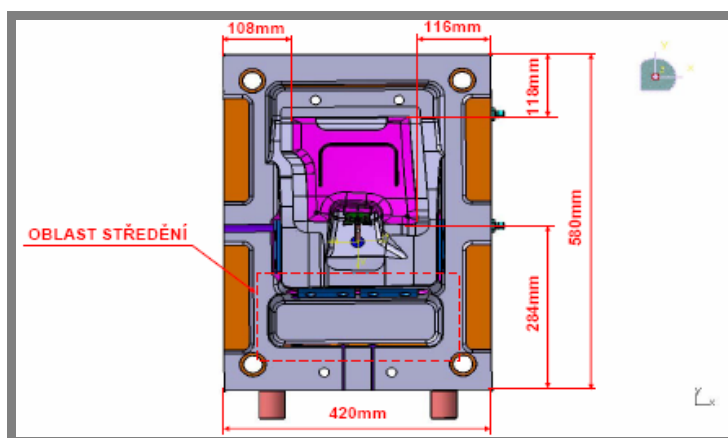
$S_{PL}$  [mm<sup>2</sup>] obsah dosedacích ploch

$P_D$  [MPa] dovolený tlak [18]

### **6.3.3 Stanovení rozměrů formy – využití 3D parametrické šablony**

Díky 3D parametrické šabloně je návrh rozměrů formy značně usnadněn. Půdorys tvarových desek konstruktér určí hlavně podle dosavadních zkušeností. Záleží na velikosti výlisku a jeho složitosti. Konstruktér se může řídit podle empirických vztahů, ovšem každý nový výlisek je jedinečný a tyto vztahy vždy uplatnit nelze. Výlisek, který je zde předveden, je jedinečný tím, že ho nelze umístit do těžiště formy vzhledem k místu nástřiku. Místo nástřiku si určí zákazník nebo je určeno na základě reologické analýzy. V tomto případě je rozměr od výlisku ke kraji tvarové desky od 108 do 120 mm. Z důvodů středění formy je jeden z rozměrů přibližně 2,5x větší jako uvedené rozměry. Určení velikosti tvarových desek je na obr. 6-79.

6.3.3

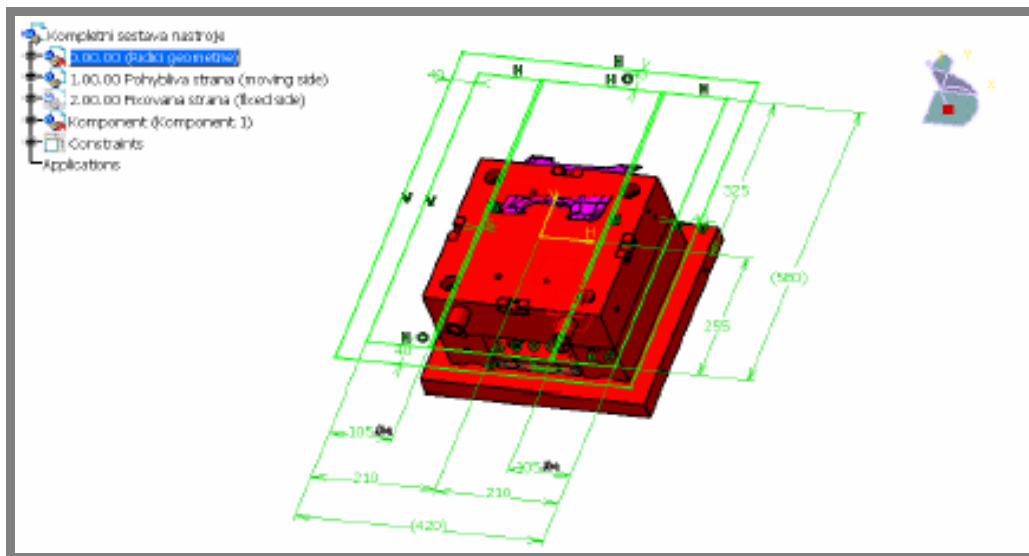


Obr. 6-79 Určení velikosti tvarových desek



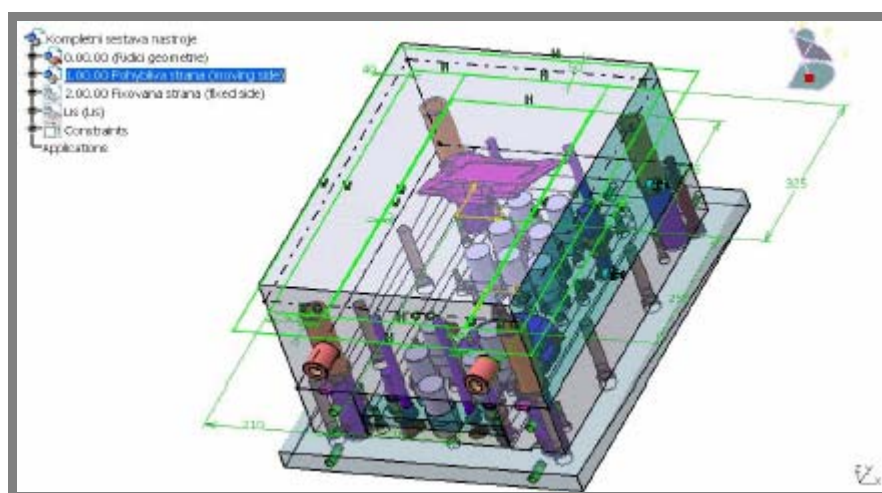
**Zadání rozměrů do parametrické šablony**

Po předběžném určení rozměrů půdorysu tvarových desek se rozměry zadají do řídicího skicáře šablony jak je vidět na obr. 6-80. Šablona se musí nejprve uložit do adresáře nové zakázky pod svým číslem. Po změně rozměrů šablona formy zčervená.



Obr. 6-80 Zadání předběžných rozměrů půdorysu tvarových desek do řídicího skicáře šablony

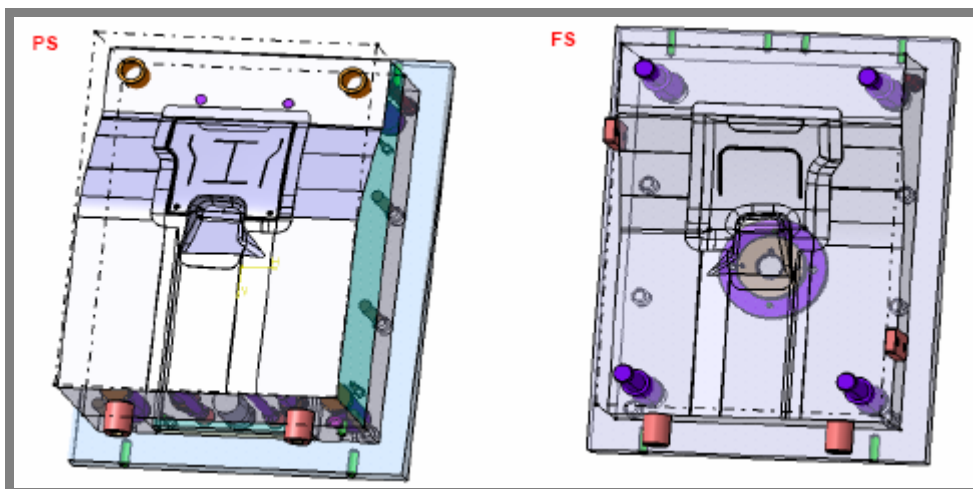
Po zadání rozměrů se provede update, který spustí výpočet všech součástí šablony. Na obr. 6-80 je znázorněna pouze pohyblivá půlka z důvodu ukázky polohy výlisku vůči šabloně. Po dokončení výpočtu se provedou jednoduché úpravy např. odstraní se středící segmenty, protože je již jasné, že nebudou potřeba. Dále se napoložují přenášecí lišty a zkontrolují se veškeré přenášecí závity. Podle tvaru výlisku se přizpůsobí tvar vyhazovacích desek. Zadá se hodnota zdvihu vyhazovacích desek, pro tento případ byla určena rozměrem 50mm. Zkontroluje se, zda forma pasuje do lisovacího stroje. V této chvíli je základní zástavba formy zkonstruována, **během několika desítek minut**, a nachystána na další postup konstrukce. Všechny rozměry jsou automaticky přepsány ve vlastnostech součástí. Na obr. 6-81 je vidět pohyblivá strana formy připravena na ořezání plochou dělicí roviny.



Obr. 6-81 Zástavba formy připravena pro další kroky konstrukce

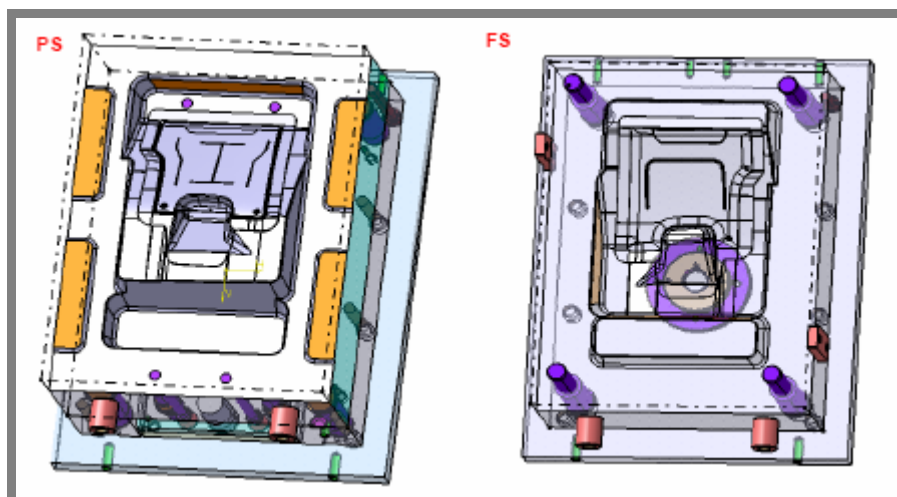
## 6.3.4 Konstrukce základního konceptu formy

6.3.4



Obr. 6-82 Ořezání tvarových desek plochami dělicí roviny

Po ořezání tvarových desek plochami dělicí roviny, jak je vidět na obr. 6-82, se musí desky upravit a vytvořit v nich kapsy a výstupky pro středění (tzv. středění za tvar). Dále jsou zde vytvořeny dosedací plochy, které přenášejí veškerou uzavírací sílu. Jejich výpočet je uveden výše. Všechny ostré hrany jsou zarádiovány. Všechny kapsy a výstupky jsou vytvořeny operacemi vytažení skicy nebo odečtení vytažením skicy. Na obr. 6-83 jsou upraveny tvarové desky. Hlavní vodící pouzdra a sloupky jsou délkově upraveny, aby pasovaly na upravené tvarové desky. Jejich upravené délky se automaticky změny v jejich vlastnostech. Tímto je základní koncept formy dokončen a připraven na vkládání normalizovaných dílů a vytváření chlazení.



Obr. 6-83 Upravení tvarových desek do finální podoby

## 6.3.5 Další postupy konstrukce

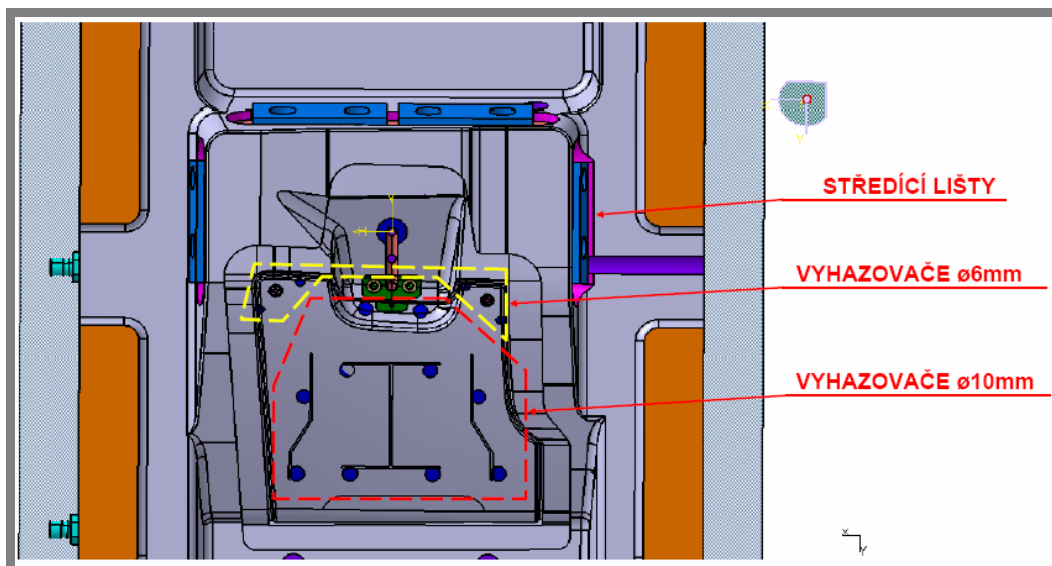
6.3.5

***Středění formy a vyhazování výlisku***

Nyní jsou ve tvarových deskách vytvořeny frézované drážky pro uložení středících lišt, které jsou načteny z webu (vodící a středící prvky) a upraveny do daných

rozměrů. Tato operace je provedena na obou stranách podle potřeby. Následně je vytvořeno vyhazování výlisku. Z webu jsou vloženy vyhazovače (vyhazovací prvky). Vyhazování je složeno z vyhazovačů o průměru 10mm a 6mm. Jsou rozestaveny tak, aby žebra výlisku byly co nejlépe odvzdušněny.

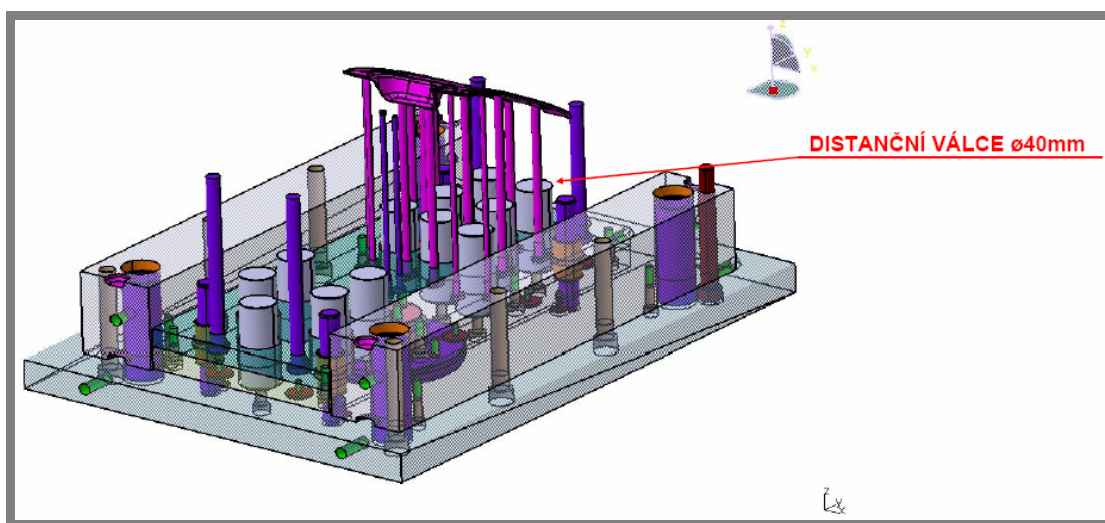
Na obr. 6-84 je znázornění upevnění středících lišt a rozmístění vyhazovačů. Poloha vyhazovačů je ovládána řízením polohy tzn., že při změně polohy libovolného vyhazovače se přemístí zároveň i všechny montážní otvory tohoto vyhazovače ve všech součástech.



Obr. 6-84 Rozestavění vyhazovačů a ukázka středících lišt

### ***Distanční válce***

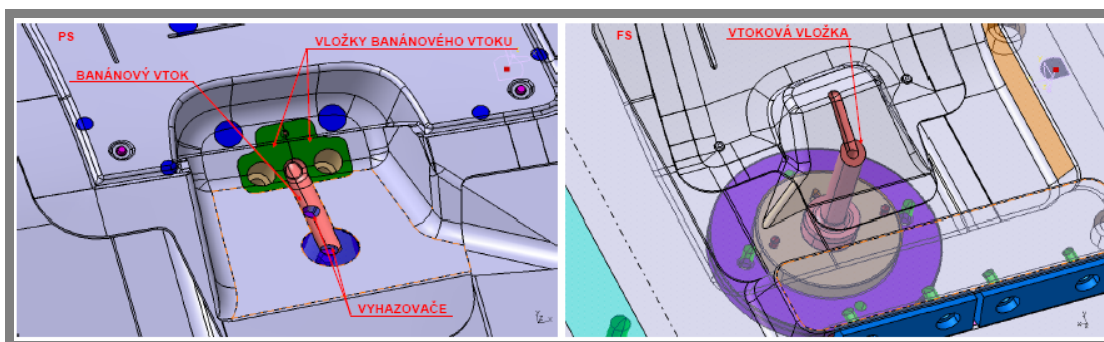
Po implementaci vyhazovačů je možno navrhnout distanční válce, které zabraňují průhybu tvarové desky pod tlakem plastu v dutině formy při lisování. Na obr. 6-85 je znázornění spodní části pohyblivé strany kde jsou vidět vyhazovače a distanční válce. Poloha distančních válců je jako u vyhazovačů ovládána řízením polohy.



Obr. 6-85 Spodní část pohyblivé strany

**Vtoková soustava**

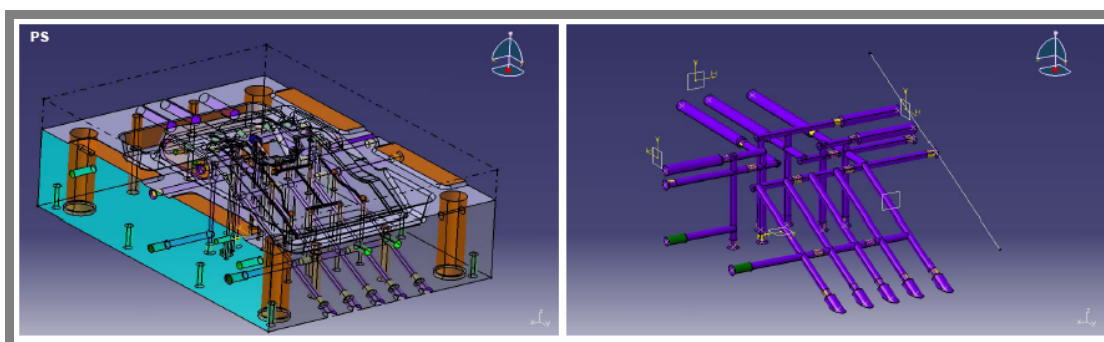
Vtoková soustava je tvořena studeným kúlovým vtokem, který přechází do banánového vtoku. Do spodní části fixované strany je vložena vtoková vložka, která je použita z webu (prvky vtokové soustavy). Zbytek vtoku je také vložen z webu (banánový vtok). Banánový vtok po načtení do Catie bylo potřeba napolohovat a přizpůsobit dělicí rovině, následně se booleanovskými operacemi odečte od tvarových desek. Aby byl banánový vtok vyrobitelný, musely se vytvořit dvě vložky, do kterých je tvar vyfrézován. Pro odtržení vtoku od výlisku jsou použity dva vyhazovače o průměru 6mm. Dimenzování vtoku je dle vnitropodnikových norem. Vtoková soustava je vidět na obr. 6-86.



Obr. 6-86 Znáznornění vtokové soustavy na obou stranách formy

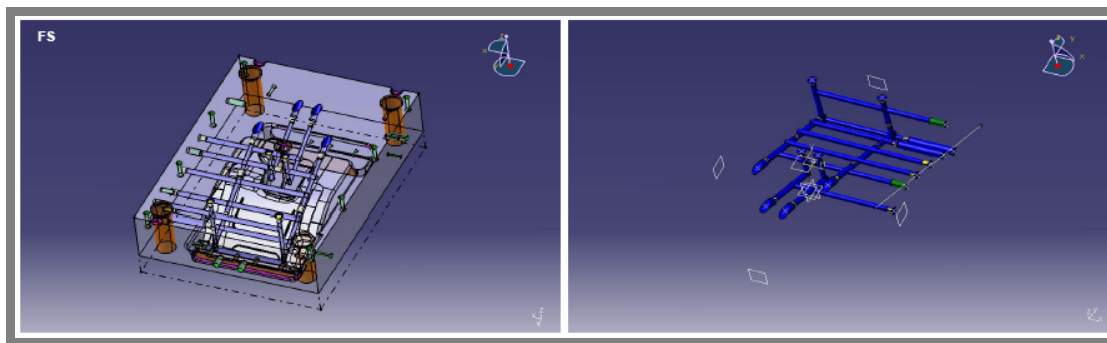
**Chlazení formy**

Chlazení je vytvořeno podle vnitropodnikových předpisů. Obě strany formy mají jeden okruh. Bylo zde využito navrženého systému chlazení za pomoci řídicí geometrie. Nejprve se chlazení vytvoří ve vlastní sestavě a po dokončení návrhu se publikovaný objem odečte přes booleanovské operace do tvarových desek. Všechny otvory mají průměr 12mm. Pro udání směru kapaliny v okruhu a pro zaslepení otvorů jsou použity ucpávky WEMA. Montáž hadic je zajištěna konektorovými spojkami se závitem 3/8". Normalizované komponenty jsou načteny do formy z webu (prvky chlazení). Na obr. 6-87 je znázorněna tvarová deska PS a její chladičící okruh a na obr. 6-88 je tvarová deska FS a její chladičící okruh.



Obr. 6-87 Tvarová deska PS s chladičícím okruhem

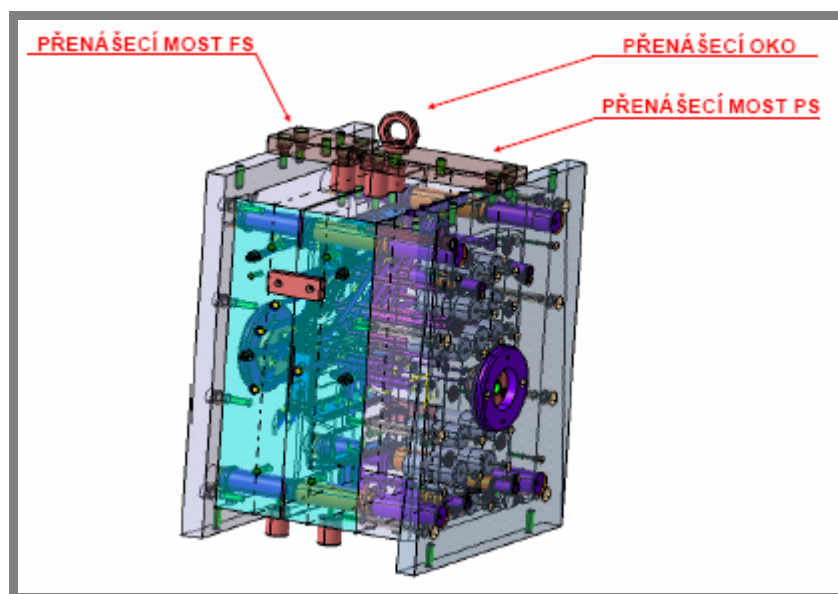




Obr. 6-88 Tvarová deska FS s chladicím okruhem

### Přenášení formy

Forma váží po zvážení v Catii 900kg. Musí na ní být vytvořeny tzv. přenášečí mosty, do kterých se bude šroubovat přenášečí oko. Pohyblivou a pevnou starnu formy musí být možné zvedat zvlášť. Závity, za které se zvedá, musí být v těžišti přenášené části. Na obr. 6-89 je znázornění návrhu přenášečích mostů. Přenášečí most i oko jsou načteny do sestavy formy z webu (všeobecné konstrukční prvky).



Obr. 6-89 Přenášečí most PS a FS s přenášečím okem

### Závěr

Navrhnutý systém se osvědčil hlavně urychlením konstrukčního procesu. Doba konstrukce po srovnání s původní dobou se zkrátila přibližně na polovinu. Další výhodou systému je jeho uživatelsky pohodlné a přehledné ovládání. U formy, která je v této kapitole zkonstruována je výjimkou vystředění výlisku z těžiště formy. I s tímto problémem je systém schopen se rychle a efektivně vypořádat.

## 7 KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ

Tato práce popisuje automatizaci konstrukce vstřikovacích forem na plasty pomocí 3D parametrické šablony formy, vytvořené v Catia V5R16. Hlavním cílem práce bylo urychlit a usnadnit konstrukční práce a předejít vzniku možných chyb. Jedná se o systém, kterým je konstruktér schopen rychle a efektivně navrhnout základní mechanismus vstřikovací formy. Diplomová práce byla zadána firmou Mürdter Dvořák.

Při konstrukci nové formy je konstruktér povinen navrhnout způsob zaformování vylisku zadaného zákazníkem, tzn. dělicí rovinu, vtokový systém, systém chlazení a vyhazovací systém. Tato činnost konstruktéra je při každém novém vylisku jedinečná a neopakovatelná. Princip mechanismu zástavby formy se však nemění a návrh se pravidelně opakuje. Mění se pouze rozměrové úrovně mechanismu. Pro tyto účely byla vytvořena 3D parametrická šablona formy, která si rozměrové úrovně automaticky přepočítává v závislosti na zadaném parametru délce strany tvarové desky. Konstruktér již nemusí celý mechanismus formy navrhovat při každé zakázce úplně od počátku anebo používat zástavbu ze starší konstrukčně podobné formy. Doba návrhu se tedy razantně sníží.

Šablona formy se přepočítává v rozsahu strany tvarové desky od 300mm do 700mm. Všechny rozměry polotovarů a normy součástí, které šablona formy obsahuje, jsou automaticky zapisovány do vlastností těchto součástí. Na základě toho konstruktér po dokončení konstrukce nemusí zdlouhavě vypisovat kusovník, ten se automaticky vygeneruje. Z důvodu bezvýkresové dokumentace jsou všechny obráběné a funkční plochy součástí obarveny příslušnou barvou podle zvyků firmy. Všechny příslušné součásti obsahují přenášečí závity a demontážní drážky pro snadnou manipulaci. Použité materiály jsou dány zvyklostmi firmy nebo dodavatelem normalizovaných součástí.

Pro zprávu normalizovaných a typizovaných součástí byl vytvořen webový portál. Je to velmi uživatelsky příjemná knihovna těchto součástí, které si konstruktér může velmi snadno načíst do sestavy formy. Všechny součásti, které knihovna obsahuje, mají stejné náležitosti jako součásti šablony formy, například automatické generování rozměrů a norem těchto součástí.

Předmětem dalšího rozšiřování této diplomové práce je navázat na již vytvořenou šablonu formy a rozšířit její rozměrový rozsah. S tím souvisí i úprava způsobu vyhazování z mechanického na hydraulický. Systém je navržený tak, aby bylo možné úpravy jednoduše provést. Knihovna normalizovaných součástí je vytvořena tím způsobem, aby ji mohl jednoduše rozšiřovat každý konstruktér, bez znalosti jakéhokoliv programovacího jazyka webových stránek. Jakákoliv změna v systému nesmí proběhnout bez konzultace se správcem systému, který má plná práva pro užívání.

Výsledkem této práce je především zkrácení doby konstrukce přibližně na polovinu a usnadnění práce konstruktéra. Zkrácení časové náročnosti je velmi pozitivní po ekonomické stránce zejména pro firmu. Díky webovému rozhraní je velmi jednoduchá datová komunikace mezi firmou Mürdter Dvořák a její mateřskou společností v Německu. Konstrukční oddělení je s výsledky práce spokojeno. Tento systém bude dále nabízen malým nástrojárnám.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KALOUC, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. Praha: SNTL, 1986
- [2] ŘEHULKA. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů. SEKURKON, ISBN: 80-86604-28-4
- [3] REES, J. *Mold engeneering*, HANSER. 2002. ISBN: 1-56990-322-0
- [4] MANGES, MICHAELI, MOHREN. How to make injection koles. HANSER. 2001. ISBN: 1-56990-282-8
- [5] MANGES. Injection mold hanbook. HANSER. 2003. ISBN: 1-56990-261-6
- [6] DOUGLAS M. BRYECE, Plastic Injection Molding, mold design and construction fundamentals. SME. 2000. ISBN: 1-87263-495-7
- [7] Basell Polyolefins. [online]. [cit.15.2.2008]. URL <<http://www.basell.com>>.
- [8] SABIC Innovative Plastics Home. [online]. [cit.15.2.2008]. URL <<http://www.geoplastics.com>>
- [9] Exxon Mobil Corporation. [online]. [cit.18.2.2008]. URL <<http://www.exxonmobil.com>>.
- [10] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.,ŘASA,J *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia – pedagogické nakladatelství, 1999. 914 s. ISBN: 80-7183-164-6
- [11] SVOBODA, P., KOVAŘÍK, R., BRANDEJS, J. *Základy konstruování*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 186 s. ISBN: 80-7204-212-2
- [12] SVOBODA, P. aj. *Základy konstruování*. Výběr z norem pro konstrukční cvičení. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 288 s. ISBN: 80-7204-214-9
- [13] Hasco. [online]. [cit.10.4.2008]. URL < <http://www.hasco.com> >.
- [14] SANKYO Produktkatalog. [online]. [cit.18.4.2008]. URL < <http://www.sankyo-oilless.com> >.
- [15] WEMA. [online]. [cit.20.4.2008]. URL < <http://www.wema-net.com>>
- [16] SharePoint – manuál
- [17] CatiaV5 – manuál
- [18] Podnikové normy – Mürdter Dvořák

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

9

---

PP	- polypropylen
PS	- pohyblivá strana
FS	- fixovaná strana

$F$ [N]	- otevírací síla
$P$ [Pa]	- tlak tekutého plastu
$S$ [mm <sup>2</sup> ]	- plocha výlisku neprojektovaná do roviny XY
$F_U$ [N]	- uzavírací síla
$k_U$	- bezpečnostní faktor uzavírací síly
$P_{PL}$ [Pa]	- tlak dosedacích ploch
$S_{PL}$ [mm <sup>2</sup> ]	- obsah dosedacích ploch
$P_D$ [Pa]	- obsah dosedacích ploch



**10 SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obr. 1-1</b> Základní rozdělení polymerů [1]	14
<b>Obr. 1-2</b> Příklad dělicí roviny vytvořené v CatiaV5 a způsob značení dělicí roviny	16
<b>Obr. 1-3</b> Závislost minimální tloušťky stěny na délce dráhy toku taveniny [2]	17
<b>Obr. 1-4 a)</b> Optimální tvar žebra	17
<b>Obr. 1-5</b> Rozměry a provedení zaoblení	18
<b>Obr. 1-6</b> Popis úkosů [7]	18
<b>Obr. 1-7</b> Uspořádání děr [1]	19
<b>Obr. 1-8</b> Plný vtok	20
<b>Obr. 1-9</b> Tunelový vtok	20
<b>Obr. 1-10</b> Banánový vtok	20
<b>Obr. 1-11</b> Filmový vtok	21
<b>Obr. 1-12</b> Popis jednotlivých částí formy	22
<b>Obr. 1-13</b> Ukázka skutečné formy	22
<b>Obr. 1-14</b> Způsob chlazení při změně tloušťky výlisku	23
<b>Obr. 1-15</b> Chlazení plochých výlisků	23
<b>Obr. 1-16</b> Způsob chlazení tvarových výstupků ve formě	23
<b>Obr. 1-17</b> Analýza vyrobitelnosti v Catia V5	24
<b>Obr. 1-18</b> Schéma vstřikovacího zařízení	25
<b>Obr. 1-19</b> Ukázka skutečného vstřikovacího zařízení	25
<b>Obr. 1-20</b> Průběh tlaků při vstřikování termoplastů,	26
<b>Obr. 2-1.</b> Znázornění řídicího parametru šablony	28
<b>Obr. 5-1</b> Označení použitých modulů Catia V5.	31
<b>Obr. 5-2</b> Diagram funkce varianty č. 1	31
<b>Obr. 5-3</b> Diagram funkce varianty č. 2	32
<b>Obr. 5-4</b> Diagram funkce varianty č. 3.	33
<b>Obr. 6-1</b> Zobrazení základního souřadnicového systému	35
<b>Obr. 6-2</b> Kompletní sestava šablony s diagramem rozložení hlavních sestav	36
<b>Obr. 6-3</b> Znázornění pořadí dvou hlavních podsestav (PS a FS)	36
<b>Obr. 6-4</b> Znázornění podsestav v datovém stromu kompletní sestavy s vazbami	37
<b>Obr. 6-5</b> Znázornění podsestav pohyblivé strany	37
<b>Obr. 6-6</b> Datový strom PS	37
<b>Obr. 6-7</b> Popis spodní části PS	38
<b>Obr. 6-8</b> Popis sestavy tvarové desky PS	38
<b>Obr. 6-9</b> Znázornění podsestav fixované strany	39
<b>Obr. 6-10</b> Datový strom FS	39
<b>Obr. 6-11</b> Popis sestavy tvarové desky FS	40
<b>Obr. 6-12</b> Popis spodní části FS	40
<b>Obr. 6-13</b> Datový strom se sestavou řídicí geometrie	41
<b>Obr. 6-14</b> Diagram rozložení sestavy řídicí geometrie.	41
<b>Obr. 6-15</b> Znázornění řídicí skicy a její publikace	42
<b>Obr. 6-16</b> Načtení a navázání publikace	42
<b>Obr. 6-17</b> Všechny řídicí půdorysné skicy	43
<b>Obr. 6-18</b> Příklad skicáře polohy	44
<b>Obr. 6-19</b> Všechny řídicí roviny	44
<b>Obr. 6-20.</b> Diagram závislosti délky strany tvarové desky	45
<b>Obr. 6-21</b> Interval parametrizace	45

<b>Obr. 6-22</b>	Načtení parametrů z Excelu	46
<b>Obr. 6-23</b>	Tabulka s načtenými parametry z Excelu	46
<b>Obr. 6-24</b>	Příklad tabulky pro načtení parametrů	47
<b>Obr. 6-25</b>	Asociované parametry součásti	47
<b>Obr. 6-26</b>	Tabulka s rozměry tloušťek jednotlivých desek.	47
<b>Obr. 6-27</b>	Tabulka načtených parametrů.	48
<b>Obr. 6-28</b>	Porovnávané parametry	48
<b>Obr. 6-29</b>	Tabulka s funkcí porovnávání dvou parametrů	48
<b>Obr. 6-30</b>	Tabulka s tloušťkami jednotlivých desek	49
<b>Obr. 6-31</b>	Model tvarové desky FS.	50
<b>Obr. 6-32</b>	Model tvarové desky PS.	50
<b>Obr. 6-33</b>	Přenášecí závity tvarových desek	50
<b>Obr. 6-34</b>	Upínací deska PS	51
<b>Obr. 6-35</b>	Distanční deska	51
<b>Obr. 6-36</b>	Přenášecí závity distančních desek	51
<b>Obr. 6-37</b>	Tabulka s hodnotami děr pro sešroubování formy	52
<b>Obr. 6-38</b>	Deska vyhazovačů	52
<b>Obr. 6-39</b>	Upínací deska vyhazovačů	52
<b>Obr. 6-40</b>	Přenášecí závity a závity pro sešroubování vyhazovacích desek	53
<b>Obr. 6-41</b>	Hlavní vodící pouzdro.	53
<b>Obr. 6-42</b>	Načtené parametry hlavního pouzdra	53
<b>Obr. 6-43</b>	Hlavní vodící sloupek	54
<b>Obr. 6-44</b>	Načtené parametry hlavního vodícího sloupku	54
<b>Obr. 6-45</b>	Středící pouzdro	54
<b>Obr. 6-46</b>	Načtené parametry středícího pouzdra	54
<b>Obr. 6-47</b>	Vodící pouzdro vyhazovacích desek	55
<b>Obr. 6-48</b>	Načtené parametry pouzdra vyhazovacích desek	55
<b>Obr. 6-49</b>	Sloupek vyhazovacích desek	55
<b>Obr. 6-50</b>	Načtené parametry sloupku vyhazovacích desek	55
<b>Obr. 6-51</b>	Středící disk PS	56
<b>Obr. 6-52</b>	Středící disk FS	56
<b>Obr. 6-53</b>	Načtené parametry středících disků	56
<b>Obr. 6-54</b>	Středící segment PS	57
<b>Obr. 6-55</b>	Středící segment FS	57
<b>Obr. 6-56</b>	Načtené parametry středících segmentů	57
<b>Obr. 6-57</b>	Zpětné kolíky	57
<b>Obr. 6-58</b>	Načtené parametry zpětných kolíků	58
<b>Obr. 6-59</b>	Přenášecí lišty	58
<b>Obr. 6-60</b>	Načtené parametry přenášecích lišt	58
<b>Obr. 6-61</b>	Tabulka s vlastnostmi součásti	59
<b>Obr. 6-62</b>	Tabulka s funkcí navázaných kót	59
<b>Obr. 6-63</b>	Zobrazení navázaných kót	59
<b>Obr. 6-64</b>	Sestava chladičového systému	60
<b>Obr. 6-65</b>	Struktura webu	60
<b>Obr. 6-66</b>	Knihovny dokumentů	61
<b>Obr. 6-67</b>	Znázornění výběru imbusového šroubu na webu	61
<b>Obr. 6-68</b>	Otevřená součást po kliknutí na hypertextový odkaz	62
<b>Obr. 6-69</b>	Domovská stránka webu s konstrukčními skupinami	62

<b>Obr. 6-70</b>	Diagram struktury webového pracovního portálu	62
<b>Obr. 6-71</b>	Obsah konstrukční skupiny vodící a středící prvky	63
<b>Obr. 6-72</b>	Obsah konstrukční skupiny vyhazovacích prvků	63
<b>Obr. 6-73</b>	Obsah konstrukční skupiny prvků chlazení	64
<b>Obr. 6-74</b>	Obsah konstrukční skupiny prvků vtokové soustavy	64
<b>Obr. 6-75</b>	Nejčastější postup konstrukce formy	65
<b>Obr. 6-76</b>	Plochy dělicí roviny	65
<b>Obr. 6-77</b>	Model výlisku	66
<b>Obr. 6-78</b>	Základní silové poměry na formě při plnění	66
<b>Obr. 6-79</b>	Určení velikosti tvarových desek	67
<b>Obr. 6-80</b>	Zadání předběžných rozměrů půdorysu tvarových desek do řídicího skicáře šablony	68
<b>Obr. 6-81</b>	Zástavba formy připravena pro další kroky konstrukce	68
<b>Obr. 6-82</b>	Ořezání tvarových desek plochami dělicí roviny	69
<b>Obr. 6-83</b>	Upravení tvarových desek do finální podoby	69
<b>Obr. 6-84</b>	Rozestavění vyhazovačů a ukázka středících lišt	70
<b>Obr. 6-85</b>	Spodní část pohyblivé strany	70
<b>Obr. 6-86</b>	Znázornění vtokové soustavy na obou stranách formy	71
<b>Obr. 6-87</b>	Tvarová deska PS s chladícím okruhem	71
<b>Obr. 6-88</b>	Tvarová deska FS s chladícím okruhem	72
<b>Obr. 6-89</b>	Přenášecí most PS a FS s přenášecím okem	72

**11 SEZNAM TABULEK**

<b>Tab. 1-1</b>	Základní vlastnosti polypropylenu	16
-----------------	-----------------------------------	----

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

12

---

### Výkresová dokumentace:

č.zakázky	Název výkresu (kusovníku)	č.výkresu
00000001	Kompletní sestava pohyblivé strany	01
00000001	Kompletní sestava fixované strany	02
00000001	Kusovník A01	